

**EXPERIENCIAS METODOLÓGICAS SOBRE EVALUACIÓN AMBIENTAL  
INTEGRAL DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS DE IBEROAMÉRICA.**

**RED 411RT0430**

**“Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales  
y programas para la evaluación ambiental integral  
y la restauración de ecosistemas degradados”**



**PROGRAMA IBEROAMERICANO  
DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
PARA EL DESARROLLO**

2014

**Autores principales:** Lucas Fernández Reyes, Alejandra Volpedo, Vicent Benedito, Grisel Barranco Rodríguez, Joaquín Buitrago Borrás.

**Coautores:** Miriam Labrada Pons, Alejandro Brazeiro, Giuseppe Giuseppe Colonnello, Remigio H. Galárraga, Rigoberto Rodríguez Quirós, Marlon Peláez Rodríguez, Camilo Torres, Obllurys Cárdenas López, Santiago Duque, Francisco Pérez Sabino, Leda Menéndez Carrera y José M. Guzmán Menéndez, Vanessa Linares, Marlene García

Este documento es una contribución de la Red 411RT0430 “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados” del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.

© Programa CYTED, 2011

La Habana, Cuba, octubre 2014

ISBN 978-959-7167-47-1



9 789597 167471

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO 1. BASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA	7
CAPÍTULO 2. ECOSISTEMA SELECCIONADOS	10
CAPÍTULO 3. INFORMACIÓN DE PARTIDA PARA LAS EAI	13
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE ESTADO Y SUS TENDENCIAS	17
CAPÍTULO 5. IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DEL CAMBIO MEDIOAMBIENTAL	23
CAPÍTULO 6. ELABORACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES	29
CAPÍTULO 7. EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y BIENESTAR HUMANO	86
7.1 Conceptualización de los impactos	86
7.2 El modelo GEO y el abordaje de los impactos	88
CAPÍTULO 8. EVALUACIÓN DE LAS RESPUESTAS SOCIALES	100
8.1 Análisis de políticas	100
8.2 Pasos para el análisis de las políticas vigentes	104
8.3 Ejemplos de respuestas sociales	108
8.4 Ejemplos de buenas prácticas y experiencias positivas resultantes de las investigaciones.	117
CONSIDERACIONES FINALES	146
BIBLIOGRAFÍA	147

## INTRODUCCIÓN

En el panorama mundial las referencias a la degradación de ecosistemas, entendidas como la pérdida de las cualidades de los mismos, que inciden en su evolución natural, provocando cambios negativos en sus componentes y condiciones, se han transformado en temas recurrentes, que evidencian en realidad su evolución creciente. Se han generado también variaciones en las aristas interpretativas de sus implicaciones, pues originalmente se les valoró en el marco estricto de lo biofísico, pero en la actualidad se les aprecia con todos los ángulos complejos y articulados que posee, que barren desde lo natural hasta aspectos de índole social y comercial, o sea, que se le estima con un sentido holístico. Esto es perfectamente coherente con el hecho de que en su génesis pueden identificarse tres causales esenciales: las consecuentes de las actividades humanas; las derivadas de procesos naturales; las determinadas por la mezcla de ambas, sin embargo, las evidencias apuntan al peso preeminente de la primera de ellas, que han llegado a convertirse en la causa principal de deterioro. Un elemento esencial es que en cualquiera de sus variantes originarias, los resultados implican de forma directa o indirecta al hombre y su bienestar.

En correspondencia con la agudeza del tema los organismos internacionales le han venido dando seguimiento, de modo que el Secretario General de las Naciones Unidas (Kofi Annan, 2002), se refirió de forma explícita a algunas de sus manifestaciones, cuando al analizar el panorama mundial del desarrollo sostenible, acotó evidencias como las siguientes (<http://www.cinu.org.mx>):

- Aproximadamente la mitad de los ríos del mundo están seriamente degradados y contaminados.
- La contaminación de los mares por las aguas residuales ha causado una grave crisis sanitaria. Se calcula que el consumo de alimentos contaminados provenientes del mar provoca 2 millones y medio de casos de hepatitis infecciosa al año, lo que causa 25,000 muertes y discapacidad a otras tantas personas.
- El 70% de los arrecifes de coral está muriendo como resultado de la contaminación producida por las actividades humanas.
- Más de 1,000 millones de personas respiran aire contaminado y tres millones mueren anualmente por la contaminación del aire.
- El planeta pierde al año más de 7 millones de hectáreas de tierra cultivable debido a la degradación del suelo.
- La erosión del suelo causada por el agua, el viento y las sustancias químicas ha degradado severamente unos 2,000 millones de hectáreas: un área mayor que la de los territorios de Estados Unidos y México juntos. Alrededor del 15% de estas tierras han sufrido daños irreversibles.
- Se han perdido el 80% de los bosques que cubrían la Tierra.
- Más de 100 millones de personas carecen de agua potable segura. Las aguas contaminadas afectan la salud de 1,200 millones de personas y contribuyen a la muerte de 15 millones de niños menores de 5 años anualmente.
- Los niños son las principales víctimas de la degradación del medio ambiente. Las enfermedades causadas por el consumo de agua y alimentos contaminados por bacterias provocan la muerte de 5,500 niños todos los días.

Esos elementos sobre el deterioro y hasta la pérdida de los atributos del patrimonio mundial pueden ser más que elocuentes cuando se valoran en las escalas regionales o locales, donde se pueden revelar situaciones muy notables.

Es el caso que se puede constatar en Iberoamérica, que se destaca en primer término por ser una región de grandes contrastes. Posee la mayor extensión de selva húmeda tropical y la mayor extensión de tierras húmedas del planeta y al mismo tiempo el desierto más seco del mundo. Tiene la mayor diversidad de especies de las regiones del mundo y cuenta con seis países considerados megadiversos (Brasil, Colombia, Ecuador, México, Perú y Venezuela), pero esta inmensa biodiversidad está amenazada, gran parte de los ecosistemas de la región están siendo degradados o se están usando de manera insostenible con peligro de aparición de cambios irreversibles. De las 164 ecoregiones que posee, 137 se ubican en las categorías de vulnerables, amenazadas y en peligro de extinción. A pesar de sus enormes riquezas naturales, es una de las regiones del mundo con mayor índice de desigualdad, pobreza y desempleo.

Dada la relativa fragilidad de estos ecosistemas, es indispensable lograr una correcta aplicación de esquemas de manejo sostenible, que garanticen el desarrollo económico sin afectar el medio ambiente natural y el patrimonio socio cultural de la Región. El manejo de los recursos naturales de estas zonas requiere un conocimiento actualizado sobre la existencia, estado, ubicación y condiciones naturales, así como de los aspectos socioeconómicos y de sus interrelaciones funcionales, ya que la sobreexplotación de cualquiera de los recursos traería consigo la ruptura del equilibrio funcional, con trastornos irreversibles para los ecosistemas.

Para resolver estos agudos desafíos ambientales cuyas causas y consecuencias son sumamente complejas, los órganos de decisión a diferentes instancias deben contar con la información pertinente y necesaria sobre el estado del medio ambiente y su interacción con el desarrollo humano. Sin embargo, aunque en Iberoamérica existen esfuerzos importantes en materia de evaluación y restauración de ecosistemas degradados, el nivel actual de los conocimientos es desigual en la región, las metodologías empleadas son diferentes y los resultados suelen ser difíciles de comparar entre sí. En adición, existen vacíos de información, gran dispersión de los datos y dificultades para su acceso. Los estudios generalmente se realizan de forma aislada por instituciones independientes. Todo ello dificulta la implementación de planes adecuados de gestión y manejo sustentable.

Una manera efectiva de lograr este propósito es mediante la realización de Evaluaciones Ambientales Integrales (EAI). Basadas en el enfoque GEO (Global Environmental Outlook), han sido desarrolladas por el PNUMA en atención a un mandato de la Asamblea General de las Naciones Unidas. La EAI se concibió con la finalidad de que "las problemáticas ambientales emergentes de amplia relevancia internacional reciban la atención pertinente, adecuada y oportuna" (PNUMA, 2008), en función de ello se programa a fin de dar monitoreo continuo al estado del medio ambiente a escala global, regional y local. Las mismas poseen una estructuración vinculante del conocimiento con la acción y se proyectan desde un enfoque participativo, donde se aplica además, el criterio de expertos a los conocimientos para brindar respuestas objetivas y coherentes.

En este contexto, la Red CYTED “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados”, se presenta como una iniciativa regional de apoyo al programa del PNUMA, en la cual se pretende promover el intercambio de experiencia, la generación y transferencia de conocimientos científicos, la capacitación de recursos humanos, la formulación de proyectos de investigación y el desarrollo de acciones de difusión en materia de evaluaciones ambientales integrales y metodologías de restauración de ecosistemas degradados a fin de perfeccionar las políticas, estrategias, metodologías y programas dirigidos al mejoramiento y uso sustentable de los bienes y servicios que brindan estos ecosistemas a los sistemas humanos.

Con 19 grupos de investigación de 13 países iberoamericanos, la Red pone a su disposición las experiencias metodológicas sobre evaluaciones ambientales integrales con enfoque GEO en un grupo de ecosistemas funcionalmente diferentes, relevantes por sus bienes y servicios que proporcionan y altamente vulnerables a los efectos de los cambios ambientales.

Las experiencias desarrolladas afianzaron la pertinencia, agudeza y alcance de las EAI desarrolladas desde la perspectiva de GEO, pues aún en la complejidad asociada a su implementación en ecosistemas diversos por su base natural pero también en las causales transformadoras, evidenciaron en todos los casos la relevancia con que se pueden concretar los resultados, en atención al análisis causal y sistémico que el proceso tiene implícito, como fundamento de la asunción de alternativas más eficientes en los asuntos de mitigación y restauración de los ecosistemas degradados.

Los propios elementos del modelo GEO dieron base a una estructuración analítica, donde se reveló con mucho interés la concordancia iberoamericana en relación con las fuerzas motrices (FM), pues el hombre se mostró como una de las claves movilizadoras de cambios. En ello se pueden reconocer aspectos notables, pues al margen del sentido humanista que posee el modelo, con la propensión a su bienestar, se hicieron palpables otras fortalezas asociadas al hombre como ser social, en tanto que la memoria histórica, la educación, la cultura material y espiritual, la identidad, entre otros valores, guardan una relación con la forma de aprehensión del medio. Fue elocuente también la concordancia en cuanto a las presiones (P), pues en todos los casos la ampliación de las fronteras agrícolas, la urbanización, la industrialización se erigieron como condicionantes de la deforestación, erosión, contaminación que priman entre las problemáticas y determinan los cambios de estado (E), o sea aquel momento en que declinan las cualidades de un ecosistema; la agudización del proceso lleva a los impactos (I) que resultan expresión extrema del debilitamiento en los atributos de un ecosistemas. La riqueza y diversidad de los casos de estudio compendiados, permite constatar la amplitud y validez de las opciones metodológicas dadas a las evaluaciones, pero indudablemente una de las fortalezas esenciales devino con la conformación de las respuestas (R). En ellas la experticia científica se hace muy fecunda, pero también es notable la conjunción de saberes lograda con la participación, de modo que la convergencia empírica y técnica substanció las soluciones.

El presente compendio de las experiencias positivas, tanto de carácter científico metodológico como técnico organizativo, así como los ejemplos de buenas prácticas de los grupos de investigación de la Red, constituye un aporte en materia de evaluación ambiental integral de ecosistemas degradados en los ámbitos de referencia en Iberoamérica, pero su alcance se puede extender a otros contextos que transitan por similares procesos.

## 1. BASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA.

La presente propuesta metodológica constituye una adecuación del marco conceptual de análisis el modelo GEO (Global Environmental Outlook) del PNUMA, complementada con los enfoques metodológicos de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM), la Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), la Convención Ramsar y el modelo MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales mediante Indicadores de Sustentabilidad).

Además se tuvieron en cuenta las directrices de:

- la Evaluación Mundial de las Aguas Internacionales (GIWA);
- el Programa de Evaluación Mundial de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP);
- la Evaluación Internacional del papel del Conocimiento, la Ciencia y la Tecnología en el desarrollo Agrícola (IAASTD)
- la Evaluación Global sobre el Agua y la Agricultura del GICAI;
- el Programa de Evaluación de la Biodiversidad de las Aguas Dulces de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN;
- Global Biodiversity Outlook.

El modelo GEO adopta el enfoque presión-estado-impacto-respuesta (EPIR), incluyendo la proyección de escenarios futuros y las propuestas y recomendaciones.

Las *fuerzas motrices* (factores indirectos) y las *presiones* (factores directos) son los agentes inductores del cambio ambiental.

Las *fuerzas motrices* (procesos demográficos, patrones de producción y consumo, la innovación científica y tecnológica, la demanda económica, mercados y comercio, los modelos institucionales y político sociales) causan *presiones* más concretas (actividad agrícola y forestal, minería, industria, construcción, actividad pesquera, etc) sobre el medio ambiente que generan emisión de sustancias, contaminantes o desechos, modificación el funcionamiento del ecosistema.

Las *presiones* provocan *cambios en el estado del medio ambiente* que se suman a aquellos que son consecuencia de los procesos naturales (cambios en el clima, la biodiversidad, el agua, los suelos).

Los *cambios en el estado del medio ambiente* provocan, a su vez *cambios en los servicios ambientales* que recibe la sociedad, como la disponibilidad de aire y agua limpios, de alimentos, etc.

Los *cambios en los servicios ambientales*, unido con factores demográficos, sociales y materiales, producen *impactos en el bienestar humano* (la seguridad alimentaria, la salud, los activos materiales, las buenas relaciones sociales).

La sociedad implementa *respuestas* para adaptarse a los cambios en los servicios ambientales o bien reducir las presiones sobre el medio ambiente.

A diferencia de la mayoría de las evaluaciones ambientales tradicionales que generalmente se limitan a la evaluación del estado y sus causas, las evaluaciones ambientales integrales GEO responden a cinco preguntas clave.

- ¿Qué está pasando con el medio ambiente? (Estado). - examina el estado del medio ambiente, los aspectos cualitativos y cuantitativos que actualmente se observan en un área geográfica determinada o en un sector;
- ¿Por qué sucede esto? (Presión) - analiza los factores antrópicos que alteran las condiciones naturales y el equilibrio del medio ambiente en el espacio y el tiempo;
- ¿Cuáles son las consecuencias para el medio ambiente y la sociedad? (Impacto) – analiza en términos cuantitativos y cualitativos los cambios derivados de las presiones;
- ¿Qué se está haciendo y cuán eficaces son estas medidas? (Respuesta) – analiza las intervenciones humanas (políticas, acciones, programas, respuestas de adaptación, etc.) adoptadas actualmente para enfrentar los problemas, sus causas y consecuencias;
- ¿Qué pasará en el futuro si no actuamos hoy en día? (Escenario futuro) - proyección del posible futuro frente a la realidad actual observada y los impactos derivados de la misma (escenario tendencial sin intervención consciente);
- ¿Qué hacer para revertir los problemas actuales? (Propuestas y recomendaciones) - propuestas y recomendaciones para la consecución de un futuro deseable (escenario estratégico resultante de una intervención consciente).



**Figura 1. Representación esquemática del concepto de Evaluación Ambiental Integral (Garea y Fernández, 2010)**

La evaluación ambiental integral GEO es un proceso para realizar una valoración y análisis objetivo y crítico de los datos y la información, con el fin de satisfacer las necesidades de los usuarios y apoyar el proceso de toma de decisiones. Aplica el criterio de expertos a los conocimientos de los que ya se dispone para brindar respuestas

creíbles a preguntas de política pública cuantificando, siempre que sea posible, el nivel de confianza.

El enfoque integral abarca las siguientes tareas para responder a las interrogantes antes señaladas:

- vincula el análisis del estado y las tendencias del medio ambiente con el análisis de políticas;
- incorpora perspectivas globales, regionales y locales;
- incorpora perspectivas históricas y futuras;
- cubre una amplia gama de problemáticas y políticas, e
- integra la consideración del cambio ambiental y el bienestar humano.

Las evaluaciones ambientales integrales constituyen procesos continuos, en los cuales se hace un re-análisis y una re-valorización de las acciones anteriores y de las que se quieren llevar en el futuro, considerando potencialidades y límites.

Desde el punto de vista metodológico, para la mejor comprensión y ejecución de las evaluaciones ambientales integrales sobre la base de las buenas prácticas, Jill Jäger da un marco orientativo, en el que señala 6 aspectos claves (Figura 2), indicando su contenido, alcance y necesidad de que sean todos tenidos en cuenta.



**Figura 2. Elementos de buenas prácticas en una Evaluación Ambiental Integral.**

## 2. ECOSISTEMA SELECCIONADOS

Para la ejecución del trabajo se han seleccionado zonas con diferentes problemas de degradación dentro de una diversidad de ecosistemas que se caracterizan por ser: a) funcionalmente diferentes y relevantes por bienes y servicios que brindan a los sistemas humanos y la regulación de procesos globales; b) altamente vulnerables a efectos de los cambios ambientales producidos por actividades humanas y procesos naturales. A cada tipo de ecosistema estuvo vinculado uno o más grupos de la Red con experiencia de trabajo en dichas zonas y que tendrá a su cargo la ejecución de las tareas planificadas. Los tipos de ecosistemas seleccionados son: glaciares, morrenas y páramos (los andes), bosque húmedo tropical (Amazonía), manglares, pastos marinos y arrecifes, zonas estuarinas (Caribe), humedales interiores (Pantanal, Ciénaga de Zapata, llanos inundables y el delta del Orinoco), agroecosistema (zonas agrícolas de Uruguay y Cuba).



- ❑ **Bosque húmedo tropical (Amazonía Colombia y Ecuador)**
  - ✓ UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS BRAS.
  - ✓ UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA COLOMBIA.
  - ✓ INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES COLOMBIA.



- ❑ **Glaciares, morrenas y páramos (Los Andes Ecuador)**
  - ✓ DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ECUADOR



☐ **Manglares (Caribe)**  
INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA  
CUBA.



☐ **Arrecifes coralinos y pastos marinos (Caribe).**  
ESTACIÓN DE INVESTIGACIONES MARINAS  
DE MARGARITA VENEZUELA.



☐ **Humedales interiores (Pantanal de Brasi, Ciénaga de Zapata de Cuba, Palo Verde Costa Rica).**  
✓ EMBRAPA DO PANTANAL BRASIL.  
✓ INSTITUTO DE GEOGRAFÍA TROPICAL CUBA.  
✓ UNIVERSIDAD NACIONAL, COSTA RICA



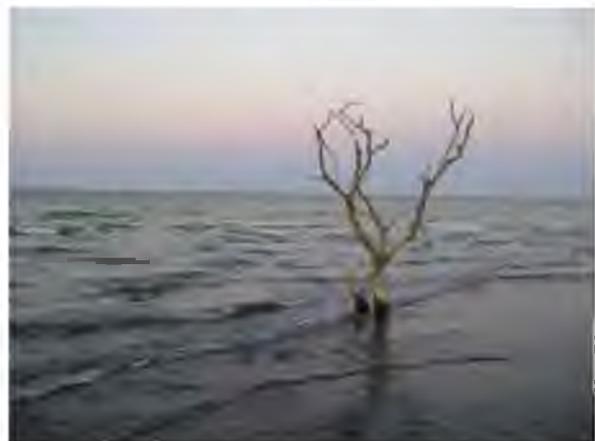
☐ **Sistemas estuarinos y albuferas (Península Ibérica)**  
CENTRO DE INVESTIGAÇÃO MARINHA E AMBIENTAL PORTUGAL.  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESPAÑA.



☐ **Sistemas lacustres dulceacuícolas (Lago Atitlán Guatemala)**  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



☐ **(Lagunas pampásicas Argentina)**  
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES





❑ **Sistemas lacustres mixoahalinos (Lago Maracaibo)**  
FUNDACIÓN LA SALLE  
VENEZUELA



**Agroecosistema** (zonas agrícolas de Uruguay y Cuba).  
UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA URUGUAY  
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA TROPICAL CUBA



### 3. INFORMACIÓN DE PARTIDA PARA LAS EAI

En las evaluaciones ambientales integrales, en calidad de información de partida, se utilizan diferentes fuentes de información: estadísticas, literales, cartográficas, aeroespaciales.

Por su relevancia, en la presente metodología se hará énfasis en las imágenes aeroespaciales.

Entre los beneficios que brindan las imágenes satelitales cabe destacar los siguientes:

- La posibilidad de obtener imágenes reiteradas (días, semanas, meses, años, etc.) sobre el estado de los complejos naturales, sobre todo en regiones de difícil acceso permite estudiar la dinámica de los objetos, fenómenos y procesos y establecer las tendencias de evolución y pronósticos de desarrollo.
- El registro simultáneo de los datos (en fracciones muy pequeñas de tiempo) y con diferentes niveles de resolución espacial (metros, kilómetros, etc.) brinda la posibilidad de realizar estudios a partir de información homogénea y con diferentes niveles de generalización (global, regional, local) sobre el estado de los diferentes componentes.

- El carácter multidisciplinario de las imágenes está determinado por la posibilidad de captar datos para generar información sobre diferentes componentes naturales y aspectos socioeconómicos lo que permite abordar el estudio de manera integral, teniendo en cuenta las interrelaciones entre los elementos del medio.

Para la obtención de imágenes de satélites se utilizan sensores instalados a bordo de los satélites de observación de la Tierra los cuales producen datos en diferentes bandas de la región óptica, térmica y de radio del espectro electromagnético. Estas imágenes son obtenidas con diferentes niveles de resolución espacial, espectral y temporal que le son propias.

Entre los sistemas satelitales más difundidos para el estudio de los recursos naturales y el medio ambiente se encuentran Landsat, SPOT, Quickbird, Envisat, el ERS, el IRS, RADARSAT, NOAA, ASTER. Las imágenes Landsat-7 TM son obtenidas en 6 bandas del espectro electromagnético (visible, infrarrojo cercano y medio e infrarrojo térmico), poseen una resolución espacial de 30 x 30 m y frecuencia de pase sobre el mismo punto de la Tierra de 18 días. Estas imágenes proporcionan valiosa información de interés para la geología, la hidrología, la agricultura, la silvicultura, la planificación regional, la cartografía y la investigación del cambio global.

En dependencia de los objetivos y ámbito de la evaluación a realizar se precisa determinar la escala espacial más adecuada, la estación del año apropiada para la obtención de datos, las características espectrales y la resolución de las imágenes. Si se precisan trabajos de monitoreo, es necesario tener en cuenta la escala temporal más adecuada (por ejemplo, mensual, anual o períodos más largos).

Las imágenes de satélite también se ofertan en un formato espacial estandarizado que facilitan su comparación con información socioeconómica y permite realizar evaluaciones integrales del medio ambiente.

A continuación se muestran ejemplos de utilización de imágenes satelitales para la evaluación del estado de componentes y de los cambios ambientales en diferentes sitios de América Latina y el Caribe.

Ciénaga de Zapata, Cuba. En la Figura 3 se muestra una imagen en falso color obtenida a partir de la síntesis de las bandas espectrales (4,3, 2) del Landsat-7 TM, donde se puede identificar los diferentes tipos de formaciones vegetales en este humedal (por ejemplo: 1-Manglar, 2-Variante de manglar, 3-Herbazal de Ciénaga, 4-Matorral xeromorfo).

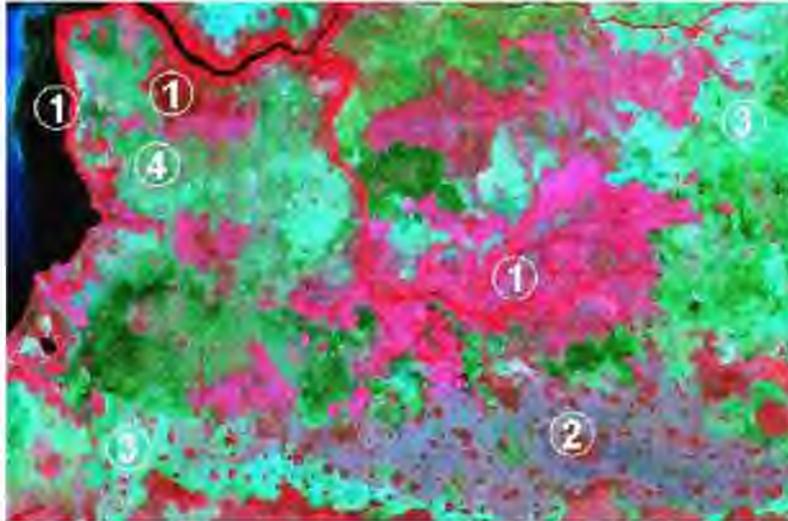


Figura 3.  
Síntesis de las  
bandas (4,3,2)  
del LandSat- 7  
TM. Ciénaga  
de Zapata,  
Cuba.

A partir del procesamiento de estas imágenes, y con el apoyo de información de campo y fuentes complementarias se elaboran diferentes tipos de mapas, entre ellos el de formaciones vegetales de la Ciénaga de Zapata (Figura 4)

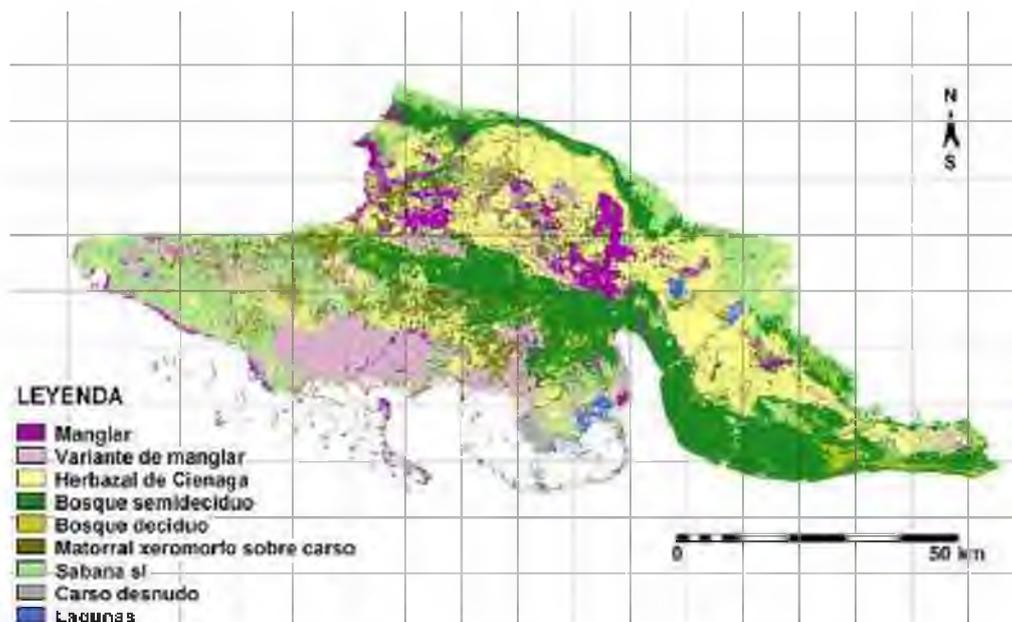
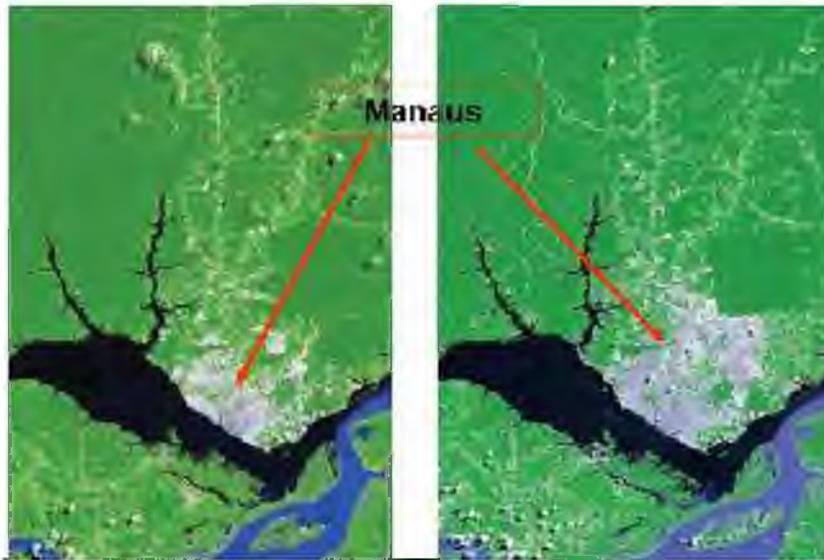


Figura 4. Mapa formaciones vegetales, Ciénaga de Zapata, Cuba. Fuente: Taller Zapata 2006. Humedales y cambios climáticos. Labrada M.

Manaus, Brasil. En la Figura5 se muestran dos imágenes tomadas en 1987(izquierda) y 1999(derecha). La comparación de estas dos imágenes muestra La expansión de la ciudad, y con ello la degradación de la vegetación natural por actividades económicas diversas, entre ellas la urbanización, la tala forestal y la construcción de carreteras.



**Figura 5. Expansión de la Ciudad de Manaus, Brasil en el período 1987 -1999. Fuente: Selected Satellite Images of Our Changing Environment. Division of Early Warning and Assessment. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.**



**Figura6. Imágenes satelitales del Pantanal tomadas en el período seco (a) y lluvioso (b). Fuente: Laboratorio Geoprocesamiento EMBRAPA, Pantanal**

Las imágenes aéreas aventajan a las imágenes satelitales en resolución espacial, pero su cobertura espacial es mucho menor y su costo más elevado. Las imágenes aéreas generalmente se utilizan para estudios más detallados, sobre todo en la cartografía a grandes escalas, estudios catastrales, proyección de obras ingenieriles y actividades económicas.

Cayo Coco, Cuba. En la Figura 7 se muestra la utilidad de las imágenes aéreas durante la proyección y posteriormente su ejecución en obras de ingenierías. En este ejemplo concretamente, se presenta el uso de imágenes multiespectrales para la identificación de zonas más apropiadas en la plataforma submarina para el trazado de un viaducto (1) y la ubicación de un aeropuerto (2) en un cayo con valores ecológicos apreciables, y en desarrollo para el turismo.

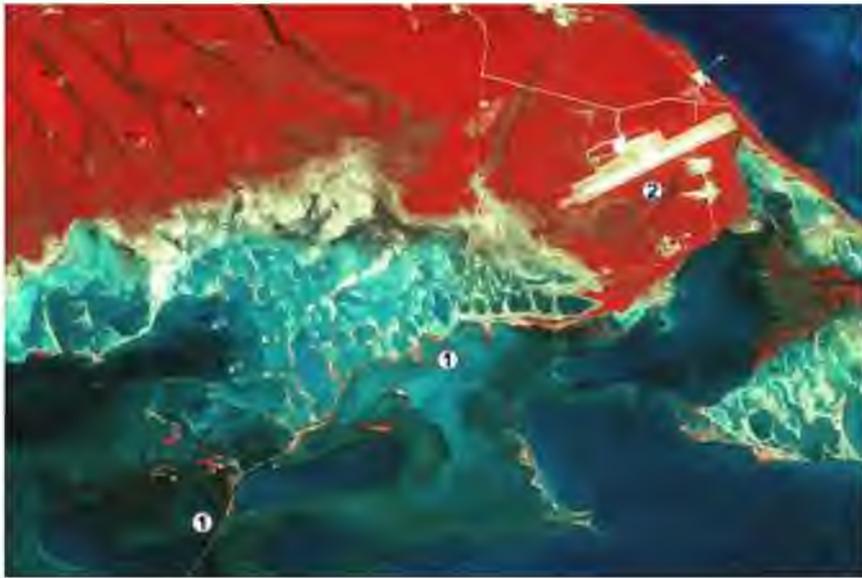


Figura 7. Imagen aérea multispectral de cayo Coco, Cuba. Fuente: ICGC ACC (1990): Estudio de los grupos Insulares y Zonas Litorales del archipiélago Cubano con Fines Turísticos.



Figura 8. Fragmentación de la Plataforma de Hielo en la Antártica (Wordie Ice). Fuente: I Simposio Red 406RT0285 “Efecto de los cambios globales sobre los humedales” Corumbá, Brasil, 2006. . Programa CYTED,

#### 4. EVALUACIÓN DE LOS CAMBIOS DE ESTADO Y SUS TENDENCIAS

El primer paso del enfoque GEO para realizar una EAI consiste en responder la pregunta: *¿Qué le está pasando al medio ambiente y por qué?* La respuesta puede desarrollarse mediante la consideración de otras preguntas más detalladas a partir del FMPEIR como marco analítico (Figura 9):

- ¿Cuáles son las problemáticas medioambientales prioritarias (por ejemplo, calidad / cantidad de agua, contaminación del aire, afectaciones a la biodiversidad)?
- ¿Cuáles son las preocupaciones concretas vinculadas al estado del medio ambiente para cada problemática y cuáles son las tendencias clave?
- ¿Qué fuerzas motrices y presiones están causando el cambio medioambiental?
- ¿Qué indicadores son pertinentes y necesarios para caracterizar fuerzas motrices, presiones y estados?

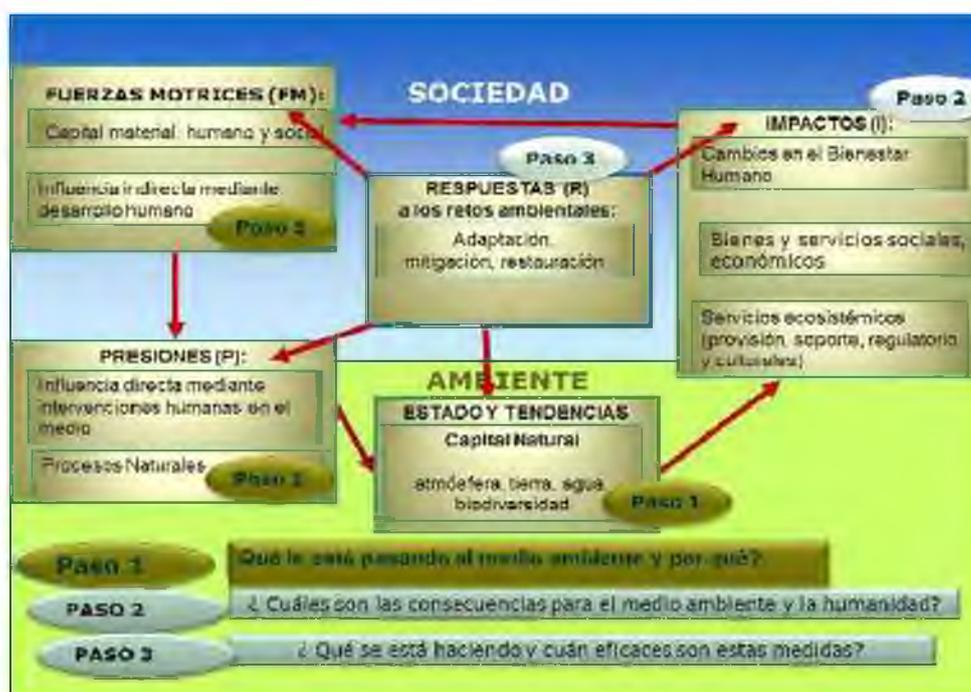


Figura 9. Marco analítico para la evaluación ambiental integral

Las problemáticas ambientales, entendidas como cambios adversos en el estado de los ecosistemas o de algunos de sus componentes en determinados umbrales que pueden afectar o degradar su funcionamiento normal, son el resultado de conflictos de intereses, limitaciones de las legislaciones, debilidades, amenazas, contradicciones, necesidades, etc., que pueden ser naturales, legales, económicas, administrativas o técnico – científicas; que inciden directamente en un espacio geográfico.

Es fundamental identificar una lista de las principales problemáticas ambientales y después clasificarlas conforme a un número manejable de temas para realizar una EAI.

Aun cuando la diversidad de los ecosistemas examinados fue notable, las problemáticas ambientales observadas en los mismos, tienen alta similitud, pero además con mayor o menor intensidad se replican en otros ámbitos geográficos, repercutiendo en la degradación de los ecosistemas. Al efecto de valorar las sinergias permisibles entre diferentes ecosistemas, éstos fueron examinados en una secuencia lógica, que partiendo de las problemáticas de la tierra firme, transita por las de la interfaz tierra- mar, hasta la de los ecosistemas acuáticos. Las situaciones de conflicto fueron resumidas en la Tabla 1.

Tabla 1. Temas fundamentales de incidencia de diferentes problemáticas ambientales.

Tema	Problemática ambiental
Suelos	Pérdida de capacidad productiva del suelo. Conflictos de manejo de tierras agrícolas. Degradación de suelos por manejo agrícola inadecuado Agotamiento de la fertilidad de los suelos Erosión, compactación y contaminación de suelo.

Biodiversidad	<p>Proliferación de especies consideradas como casos de máxima prioridad con comportamiento de invasoras, tanto exóticas como nativas.</p> <p>Fragmentación y deterioro de ecosistemas, pérdida de hábitat por tala indiscriminada e incendios forestales.</p> <p>Destrucción de la flora en sitios de refugio, alimentación y reproducción de fauna.</p> <p>Pérdida de biodiversidad de las comunidades acuáticas por eutrofización.</p> <p>Conversión de los páramos en tierras de uso agropecuario.</p> <p>Pérdida de diversidad ecológica de los páramos.</p> <p>Reducción de hábitat, fragmentación y transformación de ecosistemas.</p> <p>Reducción de las poblaciones de especies amenazadas y pérdida de especies.</p> <p>Reducción de la superficie de bosques por deforestación para uso agropecuario e incendios forestales.</p> <p>Alteración de la composición florística y del funcionamiento del bosque.</p> <p>Enfermedad y pérdida de la superficie de manglares, por contaminación y colmatación.</p> <p>Cambios en el balance hídrico de los manglares por intercepción de flujos de agua dulce.</p> <p>Sobreexplotación pesquera.</p> <p>Reducción de la superficie de manglares para uso agropecuario, camaronicultura y arrozales.</p> <p>Enfermedad y pérdida de la superficie de corales por contaminación, turbidez y aumento de temperatura del agua.</p> <p>Pérdida de los ecosistemas de praderas de pastos marinos por eutrofización.</p>
Agua dulce	<p>Cambios en el balance hídrico de los ecosistemas.</p> <p>Modificación de los patrones de circulación del agua a causa de las condiciones de manejo inapropiadas.</p> <p>Contaminación de los cuerpos de agua con agroquímicos y otros efluentes provenientes de las zonas agrícolas y urbanas.</p> <p>Disminución de los niveles de los acuíferos y avance de la intrusión salina por el manejo inadecuado de los mismos.</p> <p>Reducción de la superficie y volumen de los glaciares.</p> <p>Aparición de morrenas por retracción de glaciares debido al cambio climático.</p> <p>Alteración del régimen hidrológico de los páramos y disminución de los suministros de agua a los sistemas humanos.</p> <p>Alteración de la calidad del agua en las nacientes de ríos amazónicos.</p> <p>Eutrofización de los cuerpos de agua de la llanura pampeana por aporte de nutrientes provenientes de las tierras de uso agropecuario</p> <p>Eutrofización de los cuerpos de agua con afectaciones a la calidad de la misma e implicaciones negativas para diferentes actividades socioeconómicas.</p>
Zonas marinas	<p>Anomalías por déficit o exceso de los sedimentos en suspensión en zonas marino costeras, debido a las condiciones del escurrimiento</p>

	lineal concentrado desde la tierra firme. Aportes de nutrientes y otros contaminantes originados en las tierras inmediatas.
Actividades socioeconómicas	Carencia de políticas apropiadas de desarrollo local. Insuficiencias en el manejo de tierras y el ordenamiento ambiental. Manejo inapropiado de efluentes y residuos. Escasa vinculación de la población local a las actividades de gestión y manejo del territorio. Falta de una adecuada conciencia ambiental de los principales actores del territorio. Deficiente vinculación de la población local a las actividades de gestión y manejo de los páramos. Incumplimiento de la legislación y regulaciones ambientales.

Fuente: Conformada a partir de informaciones claves de los ecosistemas usados como modelos.

Es de esperar las problemáticas enunciadas puedan ser exacerbadas por los efectos del cambio climático, en particular por la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes y sequías), el incremento del nivel del mar y de las temperaturas.

La complejidad de la interacción de los sistemas ecológico y humano, así como el nivel del conocimiento disponible sobre la articulación entre ambos, hacen muy difícil poder predecir los umbrales reales a partir de los cuales pueden ocurrir desajustes funcionales y tener lugar procesos de degradación ecológica ocasionalmente irreversibles con afectaciones al bienestar humano y la estabilidad social.

A los efectos de la Evaluación Ambiental Integral, los cambios de estado son entendidos como aquellas transformaciones en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas que pueden ocurrir como consecuencia de la interacción de factores antrópicos y naturales.

Para el análisis de los cambios de estado es preciso tener en cuenta el carácter, dinámica y extensión.

De acuerdo con su carácter, estos pueden ser: a) reversibles cuando es posible restablecer las funciones originales del ecosistema (bien a través de la resiliencia natural o mediante actividades de rehabilitación) y b) irreversibles cuando la restitución a su forma original resulta potencialmente imposible. Esta clasificación resulta de utilidad para determinar en una primera aproximación el tipo de medidas a implementar (remediación, adaptación) pero debe verse con cierta relatividad ya que un mismo proceso de carácter adverso, como puede ser la fragmentación de ecosistemas, la alteración del régimen hídrico o la eutrofización puede ser reversible o irreversible en dependencia de múltiples factores como son el estadio e intensidad del cambio, las causas que lo generan, entre otras. Por ejemplo, si un proceso de fragmentación de la biodiversidad es detectado en sus fases tempranas de desarrollo y es generado por presiones eventuales de poca magnitud, puede ser reversible. Sin embargo, si ese mismo proceso se encuentra en una fase avanzada y es generado por una presión de carácter permanente y prácticamente imposible de eliminar, como puede ser una construcción de viales u obras hidráulicas, se convierte en irreversible.

Por su dinámica, los cambios de estado se clasificaron en: a) lentos cuando ocurre una afectación paulatina de la estructura y funcionamiento con una merma gradual de los

servicios ecosistémicos. Son típicos en ecosistemas con bajo régimen de uso no sustentable con agotamiento de algunos recursos; b) *abruptos* cuando tiene lugar una afectación rápida de la estructura y funcionamiento (pérdida brusca de los servicios ecosistémicos), por ejemplo, los efectos de huracanes, incendios (Figuras 10 y 11); c) *no lineales*- cuando el ecosistema pasa a otro estado muy diferente. Ejemplo de estos cambios puede ser la mortandad de manglares, el blanqueamiento de corales, la eutrofización e hipoxia, el agotamiento de pesquerías, la aparición de enfermedades, etc. Estos cambios son generalmente caros de revertir y difíciles de predecir debido a que los efectos acumulativos no se perciben, sino hasta después de haber traspasado un umbral crítico en el cual el ecosistema o el componente afectado asumen otro estado (Figuras 12 y 13).



**Figura 10. Cambios abruptos por huracanes. (Fuente. Piñeiro Cordero, 2004)**



**Figura 11. Cambios abruptos por incendios forestales. (Fuente. Taller Zapata 2007. Cuerpo de guardabosques)**



**Figura 12. Posible presencia de cambios no lineales (mortandad de manglares y corales. (Fuente Piñeiro Cordero, 2004)**



**Figura 13. Eutrofización de cuerpos de agua**

Por su extensión, se diferenciaron tres tipos de cambios: a) *globales*- la naturaleza del cambio es a escala planetaria, por ejemplo, el incremento del nivel del mar debido al calentamiento global; b) *regional*- el cambio ocurre a escala de país. Por ejemplo, los cambios producidos generalmente fuera de los humedales como es el represamiento de los ríos, el desarrollo agrícola; c) *locales*- son aquellos generados a escala local generalmente dentro del humedal.

***Ejemplo de cambios en ecosistemas estuarinos por expansión del cultivo del camarón. Golfo de Guayaquil, Ecuador.***

El Golfo de Guayaquil es el mayor ecosistema estuarino en la costa del Pacífico de América del Sur. El relieve predominantemente llano de la zona costera combinado con las altas mareas permite que el agua salada penetre hacia el interior de las tierras bajas, creando condiciones favorables para la cría del camarón. Ecuador es el segundo productor mundial de camarón cultivado en cautiverio, actividad que se inició en esta región hace más de treinta años. Muchas de las granjas de camarón en esta zona han sido abandonadas para trasladarse a otros tramos de la costa, y gran parte de los criaderos no regulados y, a menudo ilegales, serían extremadamente destructivos para los ecosistemas costeros. El empleo de imágenes satelitales ha permitido evaluar el proceso de transformación de las zonas de manglares en zonas de cultivo del camarón, como se muestra en la Figura 14. Se estima que en 1984 había 893,68 km<sup>2</sup> de estanques de camarón, mientras que en 2000 esta superficie aumentó a 1,176.31 km<sup>2</sup>. En la imagen las flechas blancas indican zonas de expansión.

El conocimiento científico y la toma de conciencia sobre el impacto del cultivo de camarón en la agricultura tradicional, la pesca y los humedales están empezando a dar lugar a una mejor regulación de la cría en cautiverio del camarón en Ecuador. A partir del año 2000 comenzaron a desarrollarse granjas camaroneras ecológicamente más racionales, con diseños menos destructivos y más sostenibles.

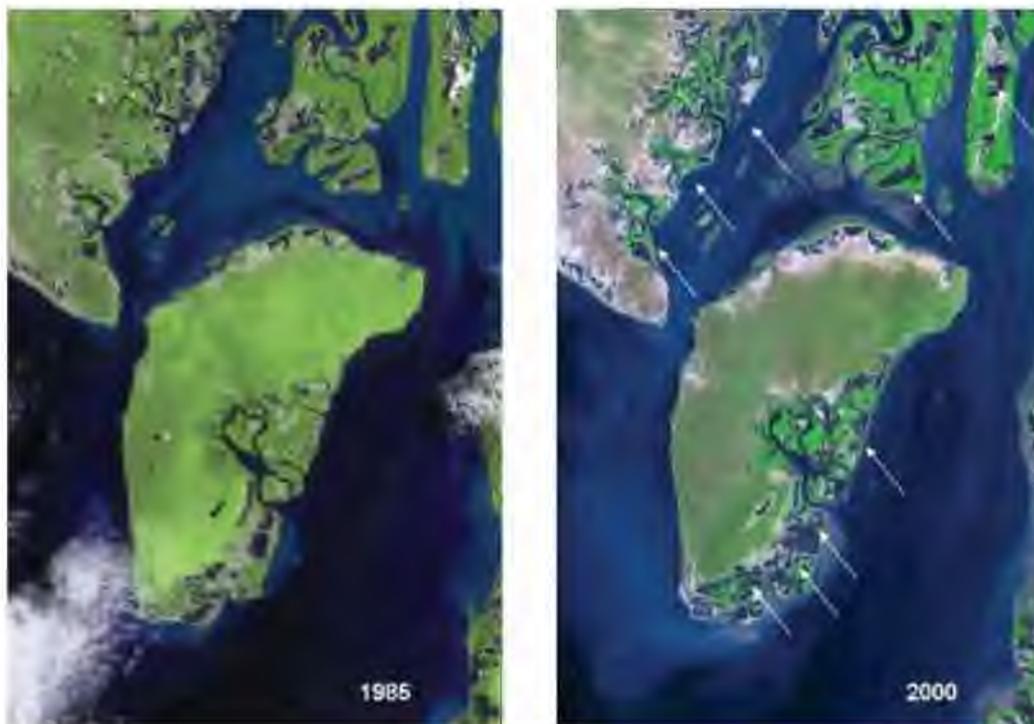


Figura 14. Expansión del cultivo de camarón en el Golfo de Guayaquil, Ecuador, en el período 1985-2000. Fuente: One Planet Many People. The Atlas of Our Changing Environment. Division of Early Warning and Assessment. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya.

## 5. IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DEL CAMBIO MEDIOAMBIENTAL

El análisis de los cambios, tanto actuales como pretéritos, en los ecosistemas analizados permitió arribar a la conclusión de que las principales fuerzas motrices históricamente han estado asociadas al crecimiento demográfico y aumento de la demanda de agua y alimentos, productos madereros. Estas fuerzas motrices han generado diversas presiones tanto dentro de los límites de los ecosistemas como en sus inmediaciones pero con fuerte repercusión en su funcionamiento (tabla 2).

Tabla2. Ejemplo de Fuerzas motrices y Presiones que interactúan sobre el humedal Ciénaga de Zapata, Cuba.

Fuerzas motrices	Presiones
Crecimiento demográfico y aumento de la demanda de agua y alimentos.	Cambio de uso de la tierra (desarrollo agrícola, pecuario, forestal, industrial, urbanístico a costa de ecosistemas naturales). Extracción de recursos genéticos. Desarrollo hidráulico (embalses, canales, pozos) Emisión de sustancias contaminantes al medio (agua, suelo, aire). Desarrollo de la actividad minera. Ocurrencia de incendios forestales por negligencia

	<p>humana asociada a las sequías.  Aumento de especies invasoras.  Falta de políticas apropiadas para el desarrollo local.  Desarrollo acuicultura en embalses.  Variabilidad Climática (sequías, huracanes).</p>
--	---

El cambio de uso de la tierra debido al avance de la frontera agrícola, pecuaria y forestal a costa de ecosistemas naturales es un problema a nivel mundial. En Paraguay, por ejemplo, desde la década de 1960 en adelante, los cambios de los sistemas productivos forestales a otros sistemas implantados como la ganadería en primer lugar y la agricultura mecanizada después, han estado modificando los paisajes naturales en las regiones Oriental y Occidental del país. Los cambios de uso de la tierra en ambas regiones naturales del Paraguay ha traído como consecuencias la fragmentación y pérdida de la biodiversidad, la aparición de procesos de desertificación, degradación y pérdida de hábitats.

Los incendios de vegetación son una de las presiones que actúan sobre los ecosistemas a nivel global. En Venezuela cerca de 5 mil incendios forestales se registran anualmente por negligencia humana asociada a la sequía, según autoridades del Instituto Nacional de Parques. Particularmente en la cuenca del Lago de Maracaibo los resultados de un estudio sobre la incidencia de los incendios de vegetación que abarcó los años 2002 al 2004, indican que una mayor cantidad de los fuegos se encuentra asociada a ecosistemas submontanos deciduos y semideciduos de fácil acceso a poblaciones humanas.

La construcción de embalses constituye una de las presiones de mayor impacto en los ecosistemas de humedales, dependientes de los aportes de agua dulce, nutrientes terrígenos y flujos energéticos que llegan a través de la escorrentía superficial y los acuíferos subterráneos. La construcción de grandes obras hidrotécnicas (embalses en la zona de recarga de la ciénaga de Zapata en Cuba, sistemas de drenaje y pozos) y el incremento de la explotación de los acuíferos adyacentes a la ciénaga, ha traído serias modificaciones en las funciones del humedal, así como el incremento de las inundaciones pluviales, la intrusión salina y el aumento de los sedimentos en suspensión en las aguas del escurrimiento superficial.



Figura15. Ejemplo de la cadena PEIR generada por el desarrollo hidráulico. Fuente: Fernández, L. (2011)

La urbanización y la construcción de viales y redes técnicas constituyen elementos bastante conspicuos de fragmentación ambiental en general y en particular para los vertebrados terrestres (y posiblemente también para algunas especies de la avifauna), como ocurre en el Parque natural Albufera de Valencia en España. En este humedal además existe gran número de acequias que también compartimentan el territorio. Estas infraestructuras dificultan los movimientos de la fauna tanto dentro del Parque como entre éste y los sistemas naturales vecinos. Finalmente los campos de arroz, inundados una parte del año, también constituyen barreras para la fauna vertebrada terrestre. La presencia de la amplia red de tendidos eléctricos, representa una importante amenaza para las aves, especialmente las de hábitos nocturnos, que colisionan con elevada frecuencia con los cables y también se electrocutan al posarse en las torres.

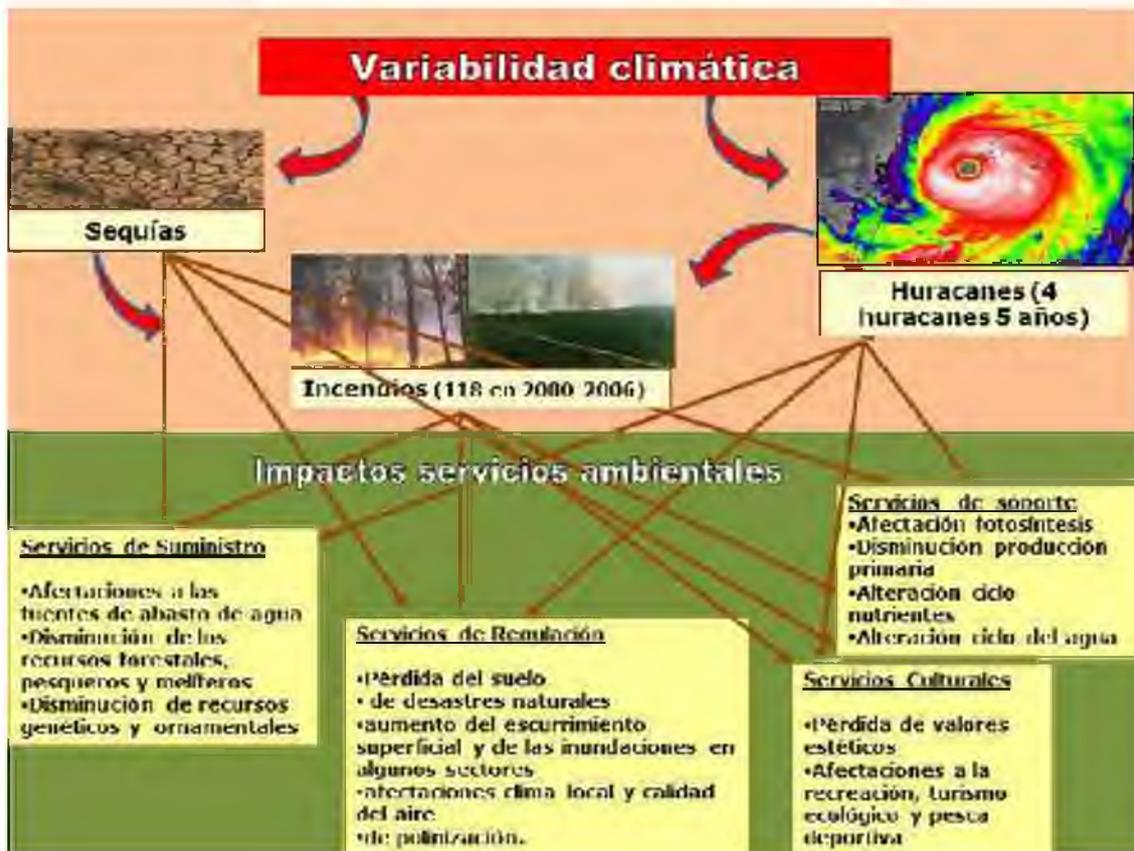


Figura 16. Ejemplo de la cadena PEIR generada por el desarrollo hidráulico.

Fuente: Fernández, L. (2011).

La deforestación es considerada una de las presiones de mayor impacto sobre los ecosistemas naturales, El Ecuador ha sufrido grandes tasas de deforestación en las últimas tres décadas, el 1,2% de pérdidas de bosques anual, situándolo en el segundo lugar entre los países latinoamericanos con los mayores niveles de deforestación. Una de las regiones en la que este fenómeno se ha agudizado es la Amazonía donde la mayor tasa de deforestación se ha dado en la zona Noroccidental con el 3% anual. En el período 2000 - 2005 la deforestación anual acumulada de la Amazonía Ecuatoriana fue de más de 8.000 km<sup>2</sup> (GEO Amazonia), la cual es provocada por la construcción de carreteras clandestinas, cambios en el uso del suelo, incremento de la ganadería y expansión de la colonización (Estrategia Nacional de Biodiversidad).

Los efectos de la variabilidad climática, especialmente las sequías alternadas con los huracanes, se ha hecho sentir con fuerza en los últimos años, aumentado en duración e intensidad. Así por ejemplo en la ciénaga de Zapata en Cuba, entre noviembre 2004 y febrero 2005 se registraron sólo 6.5 mm de una media para el período de 163.1mm.

En el período seco aumenta la ocurrencia de la autocombustión de la turba, debido a la desecación de la capa superior del horizonte y el aumento de la temperatura. Las mayores afectaciones por incendios forestales se han producido históricamente en los herbazales de ciénaga y en las sabanas, en cambio en los últimos años han ocurrido en bosques subperennifolios, semicaducifolios y con humedad fluctuante. Estos han provocado además incendios subterráneos y la pérdida del suelo, que representan considerables daños ecológicos en zonas naturales de gran interés florístico y faunístico,

donde están representadas especies amenazadas o en peligro de extinción. Los incendios son la causa de la destrucción de los sitios de refugio, alimentación y reproducción de la fauna en general, con la correspondiente pérdida de hábitats de numerosas especies y deterioro de la biodiversidad. La sequía, como factor negativo para los manglares, provoca la elevación de la salinidad, la que puede ser letal para el ecosistema si se produce con rapidez o si es muy intensa.

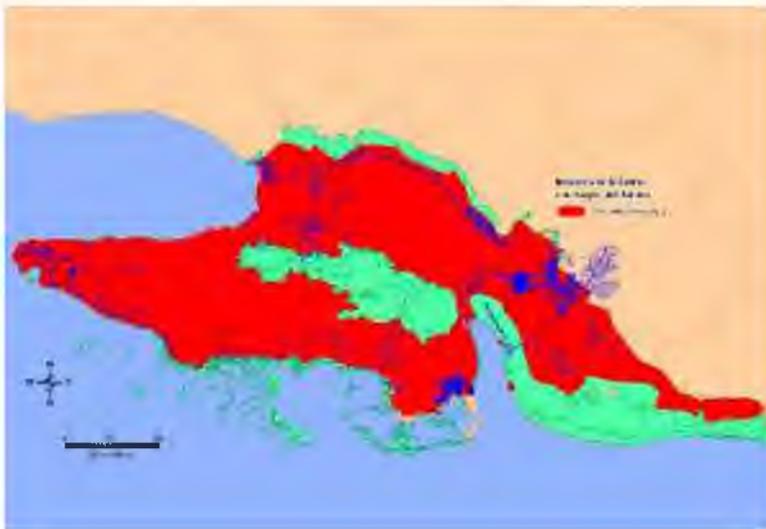


**Figura 17. Efectos de los ciclones tropicales.**

Los huracanes han incrementado su ocurrencia e intensidad, siendo afectada la Ciénaga de Zapata por 4 de ellos en los últimos 5 años. Por ejemplo, el huracán Michelle en el año 2001, provocó severos daños a la flora y la fauna y además propició una gran acumulación de material combustible (figura 17), fuente para un incendio forestal de gran proporción (Medina, N. y A. Alfonso. 2000 y CITMA, 2002).

Durante el periodo 2000-2006 ocurrieron 118 incendios forestales y en el 2007 se desarrolló un incendio de gran magnitud, que afectó un área de 5321 ha, resultando totalmente quemadas 3900.5 ha. Esta cifra representa el 60% del promedio anual de superficies afectadas en Cuba en el período 1961-2006 por esta causa, con pérdidas directas superiores a los 2 MM de pesos (AMA, 2007).

La introducción de especies invasoras constituye una seria presión para la biodiversidad de este territorio en la ciénaga de Zapata en Cuba. En el medio terrestre (ciénagas y lagunas temporales, costas y áreas no inundadas), en diferentes puntos se están desarrollando especies con un comportamiento de invasoras, tanto exóticas como nativas, asociado a diversos grados de impactos antrópicos y naturales; así como a inadecuados manejos silviculturales. El desarrollo de la acuicultura con especies foráneas de peces como el Clarias en embalses construidos en las zonas de alimentación del humedal, posibilitó la llegada accidental de esta especie a la Ciénaga, durante las crecidas y derrames de las presas. El Clarias permaneció desde 1997 hasta el 2001 en embalses fuera del humedal, pero en octubre de 2001 se observaron los primeros ejemplares, en la Laguna del Tesoro y en el Río Hatiguanico. En los años sucesivos el Clarias fue colonizando paulatinamente diferentes partes de la ciénaga hasta llegar a las lagunas del Refugio de Fauna La Salina, con 14 ppm de salinidad a más de 50 km de donde se encontraba el cultivo controlado y actualmente se encuentra prácticamente en todos los acuatorios del humedal.



**Figura 18.**Distribución actual del Clarias en la Ciénaga de Zapata

Fuente: Humedal Ciénaga de Zapata: experiencias en el manejo y gestión de sus recursos. Jiménez, J. L. 2011

Su resistencia y adaptabilidad al medio, su talla y voracidad la convierten en un serio peligro para muchas especies autóctonas del humedal, algunas de ellas endémicos locales, con las que actualmente comparte el hábitat. Esta situación es considerada un problema ambiental crítico para la biodiversidad de la Ciénaga.



**Figura 19.**Efecto sinérgico de las presiones: desarrollo hidráulico, variabilidad climática y especies invasoras. Fuente: Fernández, L. (2011).

## 6. ELABORACIÓN DE INDICADORES AMBIENTALES.

Teniendo en cuenta que el análisis de las relaciones causa efecto entre los cambios de estado, sus causas y consecuencias tiene generalmente un carácter cualitativo, se desarrollaron indicadores ambientales por cada una de las problemáticas identificadas, con el fin de valorar objetivamente en términos cuantitativos las presiones, estados e impactos, así como evaluar la eficacia de las medidas de respuesta adoptadas (planes, programas y políticas).

El proceso de conformación de los indicadores PEIR se muestra en la figura 20 que parte de la identificación del espacio objeto, como ámbito referencial a las características intrínsecas y el diseño consecuente de los indicadores que lo reflejen de forma pertinente.

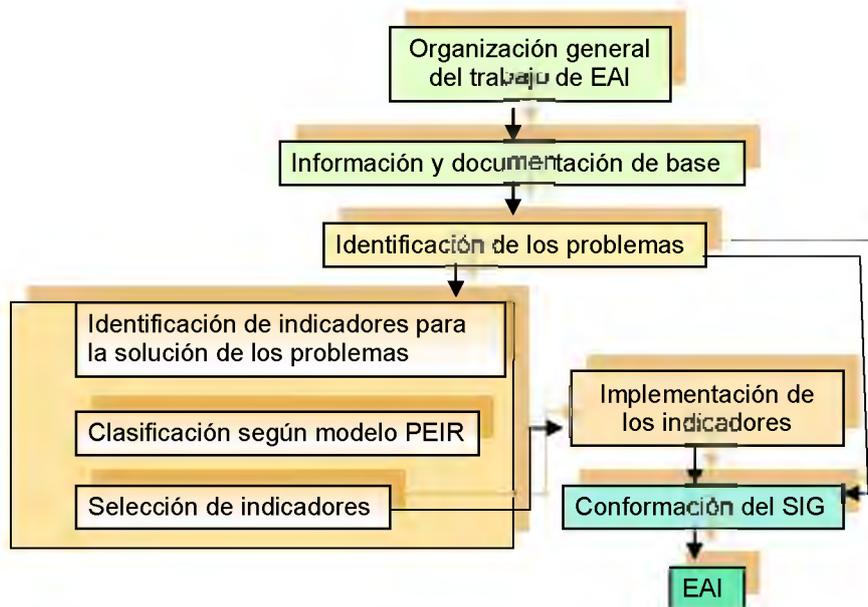


Figura 20. Proceso de conformación de los indicadores PEIR.

En el proceso de trabajo los propios problemas identificados jugaron un papel importante, en tanto que al definir las causas modificadoras del contexto, se establecen las primicias sobre las presiones dadas, los cambios en el estado y los impactos sucedidos.

Una herramienta clave fue la aplicación del análisis grupal, que resultó elocuente y aportador, en tanto que facilitó el análisis de los temas desde el pensamiento colectivo, así como la mejor visualización de las relaciones causa - efecto que se están sucediendo.

Otro instrumento considerado esencial fue la conformación de un sistema de información geográfica (SIG), que soporte la voluminosa información generada a partir de los indicadores, e incluso desde tal situación, la generación de nuevas aristas de análisis que permitan hacer más exhaustiva la propia EAI.

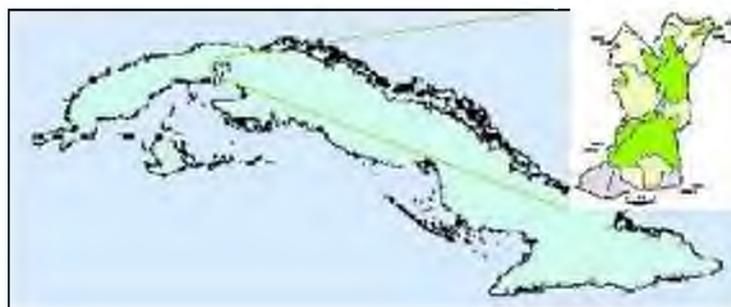
En correspondencia con los problemas ambientales identificados, en cada ecosistema se diseñaron indicadores de presión, estado, impacto (PEI), según se muestra a continuación.

### **Agroecosistema Güines, Cuba**



En relación a los agrosistemas se suscitan hoy algunos de los mayores conflictos ambientales, en tanto que experimentan impactos poco promisorios que de forma directa o indirecta implican al hombre. El tema se ha identificado con elevada prioridad para Cuba, donde algunos territorios, por su tradición productiva, configuran ejes claves para el mejor entendimiento de los problemas.

El área objeto de interés se ubica en la región occidental de Cuba, a 30 km al sur de La Habana, y más específicamente en la porción centro- sur de la provincia Mayabeque (figura 21). En dicho ámbito, las condiciones agroclimáticas permitieron que muy tempranamente, la economía colonial lo vinculara a la práctica agropecuaria; la plantación y el monocultivo después se hicieron presentes, asociados al desmonte tala y quema de las tierras. A esa práctica recurrente se fueron asociando en el tiempo otras, que repercutieron en la degradación del medio, y aunque permitían responder a las demandas de incrementos productivos, afectaban ineludiblemente el patrimonio natural. El municipio se convirtió en proveedor de productos del agro en un amplio contexto nacional e internacional, pero la erosión, el mal drenaje y otros problemas de los suelos empezaron a menguar las provisiones de productos y servicios ambientales.



**Figura 21. El municipio Güines en el contexto geográfico cubano.**

La actividad agrícola ocupa el 81 % de la superficie total del territorio, y donde los cultivos ocupan un 69,4 % de la misma, con usos de diverso carácter que implican diferentes demandas del medio, lo cual se expresa en disímiles situaciones de interés, en cuanto a la significación socio-productiva de los enclaves, así como por su incidencia ambiental. Están presentes de forma prominente los cultivos de alto laboreo, que como la caña de azúcar (10591ha), han demandado del suministro de sustancias y energías a fin de garantizar el sostenimiento de los niveles productivos que se han demandado. El grado de mecanización no ha sido un factor desestimable a tal efecto, tanto en la producción como en la carga ambiental, lo cual puede evaluarse de forma idéntica con el uso de fertilizantes químicos.

Los suelos son objeto de diversos conflictos como la erosión, que se hace más aguda en la sección media a alta del territorio. En algunos sectores la canalización, poco atendida, ha incrementado la retención hídrica; la acidez está también presente. De conjunto, todo ello hace que el panorama de los suelos se exprese de modo incierto, pues las pérdidas de potencialidades naturales hacen consecuentes los decrementos en la productividad, y en alguna medida explican lo inescrutable del panorama agrícola. Se constata un uso continuado de la tierra, que según los referentes apreciados muestra signos de agotamiento, entre otros problemas degradantes. De esa forma, los rendimientos no están conforme a las necesidades del presente y supuestas demandas del futuro.

En el territorio se está manifestando la implantación de transformaciones poco propicias en la tierra, que apuntan a la merma en la prestación de servicios ambientales de diferente carácter. Todo ello merece atención y acciones mejoradoras en pro de la sostenibilidad. Las prácticas agroecológicas pueden ser de una ayuda sustancial en la búsqueda de modificaciones promisorias.

#### Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en agroecosistemas

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema			
<b>Tema:</b> Suelo			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de capacidad productiva del suelo.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Ampliación de la frontera agrícola.	Tendencia de cultivo en suelos con evidencias de degradación (tipos de erosión, salinidad, mal drenaje, etc.).	Disminución del área de suelos aptos para la producción.
<b>Forma de expresión</b>	ha/año; caballerías/año	ha/año; caballerías/año	ha/año; caballerías/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Observación anual de la superficie agrícola a través de imágenes satelitales reiteradas o por medio de anuarios estadísticos.	Control anual a través de imágenes satelitales reiteradas, anuarios estadísticos o inspección de terreno.	Diferenciación superficial entre el total de tierras agrícolas y las que presentan evidencias de degradación.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema			
<b>Tema:</b> Suelo			
<b>Problemática ambiental:</b> Conflictos de manejo de tierras agrícolas.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Uso agrícola de espacios no conformes.	Volumen total de la producción agrícola	Inconstancia en los rendimientos agrícolas.
<b>Forma de expresión</b>	ha/año; caballerías/año	ton.	ton/ha/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Registro anual de la superficie agrícola establecida sobre el patrimonio boscoso, forestal o degradado, estimado por medio de imágenes satelitales reiteradas o por reportes de anuarios estadísticos.	Anuarios estadísticos; encuestas a entidades y productores líderes.	Registros de anuarios estadísticos.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema			
<b>Tema:</b> Socioeconómico			
<b>Problemática ambiental:</b> Falta de incentivos en el ámbito rural.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Elevación de precios de la canasta básica	Tendencia de la fuerza de trabajo directa en el ámbito rural.	Educación agroecológica de la fuerza de trabajo agrícola.
<b>Forma de expresión</b>	Pesos MN	hombre/ha	No. de acciones agroecológicas implementadas por unidad organizativa; o superficie (ha) bajo dichas prácticas.
<b>Forma de monitoreo</b>	Estadísticas anuales de precio y consumo.	Según estadísticas anuales de anuarios o captura directa.	Captura directa anual de la información en unidad organizativa.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema			
<b>Tema:</b> Socioeconómico			
<b>Problemática ambiental:</b> Conflictos de manejo de tierras agrícolas			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Uso agrícola de espacios conformes	Ampliación de la frontera agrícola.	Decremento del coeficiente de estabilidad geosistémica

<b>Forma de expresión</b>	Ha/año; caballerías/año	ha/año; caballerías/año	adimensional
<b>Forma de monitoreo</b>	Registro anual de la superficie agrícola establecida sobre el patrimonio boscoso, forestal o degradado por medio de imágenes satelitales reiteradas o por reportes de anuarios estadísticos.	Registro anual de la superficie agrícola a través de imágenes satelitales reiteradas o por medio de anuarios estadísticos.	Registro anual de la superficie agrícola vista en proporción de la superficie de bosques, formaciones forestales y silvícolas, por medio de imágenes satelitales reiteradas o por la datación de anuarios estadísticos, en ámbitos espaciales de interés.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema			
<b>Tema:</b> Socioeconómico			
<b>Problemática ambiental:</b> Conflictos de manejo de tierras agrícolas			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Ampliación de la frontera agrícola.	Volumen total de la producción agrícola	Inconstancia en los rendimientos agrícolas.
<b>Forma de expresión</b>	ha/año; caballerías/año	ton.	ton/ha/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Registro anual de la superficie agrícola a través de imágenes satelitales reiteradas o por medio de anuarios estadísticos.	Anuarios estadísticos; encuestas a entidades.	Registros de anuarios estadísticos.

### Agrosistema Yaguajay, Cuba



Áreas ociosas degradadas.



Pérdida de la calidad del suelo.



Deforestación y exposición del suelo. Áreas deforestadas con pasto.  
Fuente: Imágenes tomadas por Martin, G. et al (2011)



**Figura 22. Municipio de Yaguajay-Provincia de Sancti Spiritus-Cuba**

El municipio de Yaguajay se encuentra en la provincia de Sancti Spíritus en la región central de Cuba (figura 22).

En este territorio, uno de los problemas ambientales más acuciantes y que compromete la calidad de vida de sus pobladores es el aumento de la degradación del suelo.

El territorio posee grandes extensiones de suelos pardos con carbonato típico, de pardos sin carbonato, de ferralíticos pardos rojizos típicos y de oscuros plásticos no gleyzados gris amarillentos. Los de mayor significación para la agricultura son los ferralíticos rojos típicos que son utilizados fundamentalmente en el cultivo de la papa.

En la época de la Colonia y Neocolonia, las llanuras fueron totalmente deforestadas para ser utilizadas fundamentalmente en el cultivo de la caña de azúcar, monocultivo que erosionó fuertemente el suelo durante más de cuatro siglos. De las zonas más elevadas se extrajo la madera, sobretodo para la exportación. En la actualidad se cultiva la caña, en menor proporción el arroz, cultivos varios; persiste la cría de ganado y en las zonas más elevadas se encuentran los bosques degradados con planes de reforestación.

Entre las principales causas de la degradación del suelo se encuentran: la tala del bosque nativo en la zona costera, que actuaba como bosque de transición, por lo que en estos momentos la cuña salina penetra varios kilómetros tierra adentro provocando la salinización de los suelos. La erosión de los suelos, la pedregosidad y la rocosidad es característica de las pendientes abruptas pero la deforestación y el mal uso de las técnicas agropecuarias aceleran este proceso revirtiéndose en bajos rendimientos agrícolas y pérdida de tierras para el cultivo. Los suelos fluviales, al estar situados aguas abajo de los territorios, reciben la escorrentía contaminada con fertilizantes y desechos domésticos provenientes de las partes más altas provocando su contaminación. Se encuentran extensas áreas ociosas que, al no poseer protección natural o de cultivos, están expuestas a la acción del viento y de la lluvia por lo que los procesos degradativos actúan en ellas con mayor fuerza.

Todo lo anterior se traduce en la pérdida de la calidad del suelo para las labores agrícolas, en los bajos rendimientos agrícolas, en la disminución de las cosechas, en el aumento de los costos de las labores de restauración de los suelos y en el aumento de los costos por la compra de alimentos sustitutos.

#### Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en agroecosistema

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema			
<b>Tema:</b> Suelos			
<b>Problemática ambiental:</b> Aumento de la degradación del suelo.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Aumento de las áreas ociosas.	Pérdida de la calidad del suelo para el desarrollo de la actividad agropecuaria.	Aumento de los costos de aplicación de enmiendas y otras acciones para recuperación de las áreas degradadas.
<b>Forma de expresión</b>	Ha/año	Áreas por categorías de agroproductividad/año	Costos (\$)/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de las áreas ociosas por año.	Control del cambio de la agroproductividad por año.	Control de los costos en concepto de enmiendas, otras acciones y pago de salarios para su aplicación en las áreas degradadas.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Agroecosistema	
<b>Tema:</b> Suelos	
<b>Problemática ambiental:</b> Aumento de la degradación del suelo.	
Elementos de	Indicadores

caracterización	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Disminución del rendimiento de las cosechas y pastos.	Pérdida de ingresos por disminución de la producción agropecuaria.	Aumento de gastos por concepto de alimentos sustitutos.
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de productos obtenidos/año	Ingresos (\$)/año	Gastos en alimentos sustitutos (\$)/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de los productos obtenidos por año.	Control de los ingresos en el sector agropecuario.	Control de los gastos en alimentos sustitutos por año.

### Humedal Ciénaga de Zapata, Cuba



La Ciénaga de Zapata es el mayor humedal de Cuba y uno de los mayores de América Latina y el Caribe, aprobada por la UNESCO como Reserva de la Biosfera en el año 2000 y también reconocida como Sitio Ramsar en el 2001. Fue declarada a nivel nacional como Área Protegida de Recursos Manejados “Península de Zapata” (APRM) en el año 2010. Comprende una superficie total de 720 748 ha, de ellas 512 036 ha son terrestres y 208 711 ha son marinas. Posee uno de los mayores reservorios de agua dulce del país y la mayor área de pantanos y marismas de Cuba. Dentro de ella han sido aprobadas cuatro áreas protegidas de diferentes categorías: el Parque Nacional Ciénaga de Zapata, el Elemento Natural Destacado Sistema Espeleolacustre y los Refugios de Fauna: Bermejas y Los Sábalo (Figura 23).

Las principales presiones causantes de los cambios ambientales en la Ciénaga de Zapata están asociadas al desarrollo de diversas actividades económicas dentro y fuera del humedal con enfoques marcadamente sectoriales como es el caso del desarrollo hidráulico, forestal, turístico, pesquero, agrícola, así como otros procesos relacionados con la variabilidad climática, la ocurrencia de incendios forestales, el aumento de especies invasoras. Las principales problemáticas ambientales asociadas a estas presiones son: la disminución del balance hídrico y modificación de los patrones de circulación del agua, la contaminación de los cuerpos de agua con agroquímicos, la alteración del funcionamiento del bosque, la proliferación de especies con comportamiento de invasoras, la fragmentación y deterioro de ecosistemas, la eutrofización de los cuerpos

de agua, la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, el deterioro de los factores socioeconómicos y dificultades para la sostenibilidad ambiental, económica y social del territorio, entre otras.



**Figura 23. Ubicación de la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata y las áreas protegidas.**  
Fuente: Adaptado de Jiménez (2011).

### Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en humedal interior con zona marina de interface

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Disminución de los aportes de agua al humedal	Déficit hídrico	Disminución de los espejos de agua e Incremento de la salinidad
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (para gasto) mm (para lluvia, evapotranspiración)	m <sup>3</sup> /s (para gasto) mm (para lluvia, evapotranspiración)	ha (para espejos de agua) ml/ m <sup>3</sup> (para concentración)
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s)	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s)	Mediciones periódicas de la salinidad

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de hábitat.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Cambios de uso	Cambio de cobertura vegetal	Variación de la disponibilidad de recursos (refugio, alimentación) de especies sombrilla.
<b>Forma de expresión</b>	(ha x t)	(ha x t)	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica de la tasa de deforestación anual % Tdf	Análisis multitemporal de cobertura vegetal	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Presencia de especies invasoras			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Abundancia de cada especie invasora	# de especies con comportamiento de invasoras	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.
<b>Forma de expresión</b>	(# ind /UM)	(# sp/ha/t)	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica (# ind /UM)	Mediciones periódicas ((# sp x ha)	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de hábitat.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Cambios de uso	Cambio de cobertura vegetal	Variación de la disponibilidad de recursos (refugio, alimentación) de especies sombrilla.
<b>Forma de expresión</b>	(ha x t)	(ha x t)	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica de la tasa de deforestación anual % Tdf	Análisis multitemporal de cobertura vegetal	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
--	--	--	--

<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Presencia de especies invasoras			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Abundancia de cada especie invasora	# de especies con comportamiento de invasoras	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.
<b>Forma de expresión</b>	(# ind /UM)	(# sp/ha/t)	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica (# ind /UM)	Mediciones periódicas ((# sp x ha)	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Variabilidad climática (sequías, huracanes)			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Incremento en duración e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos	Áreas afectadas	Disminución de los servicios ambientales
<b>Forma de expresión</b>	mm (para lluvia) Km/h (para viento) Categoría (Huracanes)	ha	Pérdidas de MM de pesos
<b>Forma de monitoreo</b>	Medición de la frecuencia e intensidad	Evaluación de los daños ocasionados (ha)	Evaluación de las pérdidas directas en MM de pesos

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Ocurrencia de incendios forestales			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Incremento de los incendios forestales	Áreas afectadas	Disminución de los servicios ambientales
<b>Forma de expresión</b>	ha	ha	MM de pesos
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación del área afectada (ha)	Medición de los daños ocasionados (ha)	Pérdidas directas en (MM de pesos)

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal.			
Elementos de	Indicadores		

<b>caracterización</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Disminución de los aportes de agua al humedal	Déficit hídrico	Disminución de los espejos de agua e Incremento de la salinidad
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (para gasto) mm (para lluvia, evapotranspiración)	m <sup>3</sup> /s (para gasto) mm (para lluvia, evapotranspiración)	ha (para espejos de agua) ml/ m <sup>3</sup> (para concentración)
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s)	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s)	Mediciones periódicas de la salinidad

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua			
<b>Problemática ambiental:</b> Eutrofización de cuerpos de agua.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Concentración de aguas contaminadas con N, F y agroquímicos que llegan al humedal desde zonas agrícolas	Densidad de plantas acuáticas x ha	Disminución de especies nativas
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (para caudal) ml/ m <sup>3</sup> (para concentración)	D/ ha	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Medición anual de caudal y concentración de N, F ml/ m <sup>3</sup> .	Mediciones periódicas de D/ ha	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de los niveles de las aguas superficiales			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Naturales (sequías), desarrollo económico (aumento de explotación)	Niveles bajos de los ríos y canales o pérdida total de agua	Pérdidas económicas
<b>Forma de expresión</b>	Miles m <sup>3</sup> (explotación) mm (precipitaciones)	Cotas absolutas (msnm)	Miles de \$
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de explotación y de las precipitaciones	Medición diaria de las precipitaciones; Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Monitoreo semestral de las profundidades de las corrientes.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de los niveles de las aguas subterráneas			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Naturales (sequías), desarrollo económico (aumento de explotación)	Niveles bajos de los pozos y cenotes	Pérdidas económicas
<b>Forma de expresión</b>	Miles m <sup>3</sup>	Cotas absolutas (msnm)	Miles de \$
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de explotación,	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Monitoreo semestral de los niveles de las aguas subterráneas.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Salinización de acuíferos			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Sobreexplotación, avance cuña salina por la sequía	Aumento de CL, SST	Empeoramiento de calidad de agua
<b>Forma de expresión</b>	Avance de cuña salina, en metros	mg/l de Cl y SST	Número de pozos afectados
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de explotación	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	Monitoreo semestral-análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Eutrofización			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Cantidad de fertilizantes utilizados	Aumento de concentración de nitratos y fósforo	Olor, color y sabor del agua, toxicidad Proliferación intensiva de algas, afectaciones en peces, migraciones. Agua inservible para baños.
<b>Forma de expresión</b>	kg/ha y total por cosechas- para fertilizantes.	mg/l de nitratos y fósforo y relación con la norma admisible. Olor y color -por tablas	Número de enfermos e intoxicados. % de afectación en los peces.
<b>Forma de monitoreo</b>	Control del uso de los fertilizantes.	Monitoreo semestral (periodo	1- monitoreo semestral de los

		seco y húmedo	enfermos. 2- monitoreo anual.
--	--	---------------	----------------------------------

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación química			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Cantidad de fertilizantes utilizados, aguas residuales sin tratamiento	Concentración de elementos tóxicos	-Enfermedades hídricas de personas -Muerte y afectación en las poblaciones de peces y crustáceos. -Afectaciones de hábitat y especies, muerte y migraciones.
<b>Forma de expresión</b>	kg/ha y total por cosechas- para fertilizantes. DQO - para agua residual	mlg/l de los elementos toxicas y relación con la norma admisible	-Número de los enfermos. -t/año para la pesca. -Numero de conteo de especies.
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de usos de fertilizantes. Control de calidad del agua	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	-Monitoreo semestral. -Monitoreo anual. -Conteo anual.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación bacteriológica			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Descarga de aguas residuales sin tratamiento	Concentración de Coliformes totales, fecales y disminución de oxigeno disuelto	-Enfermedades hídricas de personas, Intoxicación. -Agua no apta para los cultivos tubérculos. -Agua no apta para baños de playa. - Alteración de ictiofauna cavernícola.
<b>Forma de expresión</b>	DQO	NMP	-Número de los enfermos e intoxicados. -t/cosecha de tubérculos. -Monitoreo visual

<b>Forma de monitoreo</b>	Control de calidad del agua	Monitoreo semestral (periodo seco y húmedo)	-Monitoreo semestral de enfermos. 2, 4 – monitoreo anual.
---------------------------	-----------------------------	---	--

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Inundaciones			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Capacidad de retener agua	Aumento de niveles de los ríos, áreas inundadas	Pérdidas económicas, destrucciones
<b>Forma de expresión</b>	Millones m <sup>3</sup>	Metro – aumento del nivel. Ha – áreas inundadas.	Miles de \$. Numero de viviendas afectadas y destruidas. Numero de objetivos económicos afectados y destruidos.
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de los eventos meteorológicos extraordinarios.	Monitoreo al paso de los eventos meteorológicos extraordinarios.	Monitoreo de las afectaciones después del paso de los fenómenos.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Aspectos socioeconómicos			
<b>Problemática ambiental:</b> Discordancias entre la política de desarrollo socioeconómico y la sostenibilidad ambiental, económica y social del territorio.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Existencia de políticas con bajo impacto ambiental, económico y social	Conflicto de intereses ramales y falta de enfoque integral en la gestión del humedal	Aprovechamiento no sustentable de las potencialidades del humedal
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de políticas con bajo impacto ambiental, económico y social	Cantidad y extensión de zonas bajo influencia de conflicto	Cantidad de servicios ambientales afectados
<b>Forma de monitoreo</b>	Revisión periódica de los instrumentos de política	Revisión de la cantidad y extensión de zonas de conflicto	Revisión periódica de los efectos ambientales, económicos y sociales de las políticas

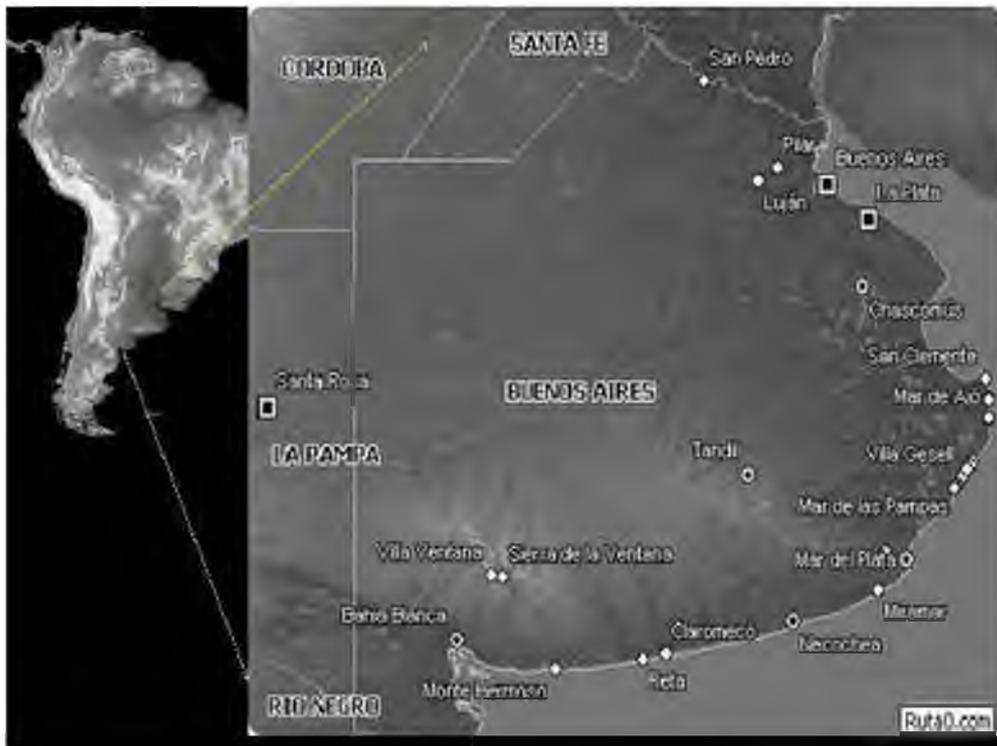
<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedal interior con zona marina de interface			
<b>Tema:</b> Aspectos socioeconómicos			

<b>Problemática ambiental:</b> Baja vinculación de la población local a la gestión del humedal			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Bajo nivel de estimulación y escaso sentido de pertenencia de la población local.	Cantidad de pobladores con elevada conciencia ambiental	Bajo nivel de bienestar material y social
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de pobladores que participan en actividades relacionadas con la conservación de los recursos naturales	Porcentaje de participación de la población local en actividades relacionadas con la conservación y la educación ambiental	Nivel de ingreso de la población
<b>Forma de monitoreo</b>	Comparación de datos estadísticos	Comparación de datos estadísticos	Comparación de la cantidad de usos y beneficios que se revierten en el desarrollo endógeno

### **Ecosistemas lagunares pampeanos, Argentina.**



Los ecosistemas lagunares pampeanos se ubican en la llanura de igual nombre considerada una de las grandes planicies a nivel mundial (Figura 24).



**Figura 24. Llanura pampeana y lagunas pampásicas.**

La llanura pampeana es una de las grandes planicies a nivel mundial, presenta una escasa pendiente dando lugar a la presencia de un macrosistema de humedales. Este mosaico de humedales posee características singulares como gran complejidad, variabilidad hídrica y gran extensión geográfica, funcionando como una trampa de nutrientes, por transformaciones químicas, procesos de concentración y liberación, dependiendo de la existencia de precipitaciones, el escurrimiento y la contribución de los ríos. Esta extensa llanura posee en su mayoría tierras con aptitud para usos agrarios por lo que su potencialidad productiva la convierten a nivel internacional en una región con ventajas comparativas para la producción de granos y carnes. En las últimas décadas, debido a diferentes factores (cambios en el uso de la tierra, intensificación agropecuaria, cambios climáticos, entre otros), los cuerpos de agua de la región, conocidos como lagunas pampásicas se están degradando y con ellos los servicios ecosistémicos que brindan. Las presiones producidas por las actividades agropecuarias generan el aporte de nutrientes, compuestos orgánicos y metales que degradan el ambiente y particularmente la calidad del agua de las lagunas pampásicas.

Las principales problemáticas ambientales derivadas de las presiones señaladas son las siguientes:

- Alteración de la calidad del agua por el aporte excesivo de nutrientes, compuestos orgánicos y metales pesados provenientes principalmente de las actividades agropecuarias.
- Presencia de elementos traza de origen natural (F y As) en elevadas concentraciones
- Insuficiente cobertura para el tratamiento de los efluentes líquidos por las comunidades periurbanas y rurales.

- Escasa conciencia ambiental de los principales actores del territorio.
- Incumplimiento de la normativa vigente en relación al vertido de efluentes, legislación y regulaciones ambientales.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema lagunar dulceacuícola**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Ecosistema lagunar dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Alteración de la calidad de agua de las lagunas pampeanas			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Avance de la frontera agropecuaria	Tendencia de la relación molar N/P (determina el estado trófico del cuerpo de agua) Presencia de compuestos orgánicos y metales en concentraciones mayores a los niveles guía de protección a la biota acuática sugeridos por la autoridades nacionales competentes.	Aumento de la cantidad de eventos de floraciones algales anuales. Aumento de la cantidad de eventos de mortandad de peces anuales.
<b>Forma de expresión</b>	ha/año	Relación molar N/P Concentración de compuestos orgánicos y metales (ug/L)	Cantidad de floraciones/ año
<b>Forma de monitoreo</b>	Control anual de la superficie agropecuaria a través de imágenes satelitales periódicas, detallando superficie de cultivos y ubicación de los establecimientos de cría intensivos.	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas Determinación de elementos traza Determinación de compuestos orgánicos	Comparación de la cantidad de eventos de floraciones algales y de mortandad de peces durante 5 años.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Ecosistema lagunar dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Presencia de elementos traza de origen natural (As y F) en elevadas concentraciones.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto

<b>Denominación</b>	Elevadas concentraciones de As y F ( $\mu\text{g/L}$ )	Presencia de As y F ( $\mu\text{g/L}$ ) en concentraciones mayores a los niveles guía de protección a la biota acuática sugeridos por la autoridades nacionales competentes y entidades internacionales (OMS).	Aumento de las alteraciones anatomohistológicas en la biota acuática. Presencia de hidroarsenicismo crónico endémico argentino (HACREA) y/o fluorosis en la población aledaña al cuerpo de agua
<b>Forma de expresión</b>	Concentraciones de As y F ( $\mu\text{g/L}$ )	Concentraciones de As y F ( $\mu\text{g/L}$ )	Cantidad de alteraciones anatomohistológicas/cantidad de individuos cantidad de casos de HACREA y fluorosis/10000 habitantes
<b>Forma de monitoreo</b>	Determinación estacional de As y F ( $\mu\text{g/L}$ ) en aguas de las lagunas pampásicas, cuerpos de agua superficiales aledaños y aguas subterráneas de la misma región.	Determinación estacional de concentraciones de As y F ( $\mu\text{g/L}$ ) en las lagunas pampásicas.	Comparación de la cantidad de organismos acuáticos con alteraciones anatomohistológicas producidas por As y/o F durante 5 años. Cantidad de casos de HACREA y fluorosis en la población local.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Ecosistema lagunar dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Insuficiente cobertura para el tratamiento de los desechos líquidos por las comunidades periurbanos y rurales.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Aumento de población sin acceso a la red de saneamiento pública	Tendencias de la relación molar N/P (determina el estado trófico del cuerpo de agua)	Aumento de la cantidad de eventos de floraciones algales anuales y la cantidad de eventos de mortandad de peces anuales.
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de hogares con acceso al saneamiento / total de hogares	Relación molar N/P	Cantidad de floraciones/ año Cantidad de eventos de mortalidades/ año
<b>Forma de monitoreo</b>	% de hogares con acceso a la red de saneamiento pública, % de hogares con	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas	Comparación de la cantidad de eventos de floraciones algales y de mortandad de

	acceso a sistemas de tratamientos de efluentes		peces durante 5 años.
--	--	--	-----------------------

<b>Tipo de ecosistema:</b> Ecosistema lagunar dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Actividades socioeconómicas			
<b>Problemática ambiental:</b> Escasa conciencia ambiental de los principales actores del territorio.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Disminución de la participación de la población en actividades gubernamentales y no gubernamentales relacionadas a la conservación de los recursos naturales.	Tendencia de la cantidad de pobladores sensibilizados ambientalmente.	Disminución de los usos y beneficios que los pobladores obtienen de la laguna (por ejemplo recursos pesqueros, recreación) Pérdida de ingresos por afectaciones a la pesca deportiva y al turismo.
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de población que participa en actividades ambientales/ anual	Cantidad de población que participa en actividades ambientales/ anual	% de usos y beneficios actuales del ecosistemas/ usos y beneficios tradicionales.
<b>Forma de monitoreo</b>	Cantidad de pobladores que participan en actividades y en OG y ONGs relacionadas a la conservación de los recursos naturales en áreas aledañas a las lagunas pampásicas.	Nivel de participación en actividades relacionadas a la conservación de las lagunas pampásicas en los diferentes niveles educativos, y en educación ambiental no formal e informal.	Comparación de la cantidad de usos y beneficios que los pobladores le dan a la laguna en la actualidad con respecto a los últimos cinco años.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Ecosistema lagunar dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Actividades socioeconómicas			
<b>Problemática ambiental:</b> Incumplimiento de la para vertido de efluentes, legislación y regulaciones ambientales.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Aumento de vertidos de efluentes domésticos y agropecuarios cuyos	Tendencia de la relación molar N/P (determina el estado trófico del cuerpo de	Disminución de los usos y beneficios que los pobladores obtienen de la laguna

	parámetros no cumplen la normativa vigente.	agua) Determinación de elementos traza Determinación de compuestos orgánicos	(por ejemplo recursos pesqueros, recreación) Pérdida de ingresos por afectaciones a la pesca deportiva y al turismo. Cantidad de eventos de floraciones algales y mortandad de peces anuales.
<b>Forma de expresión</b>	Cantidad de vertidos ilegales/cantidad total de vertidos Cantidad de enfermos por enfermedades relacionadas al agua/año	Relación molar N/P Concentración de compuestos orgánicos y metales (ug/L)	% de usos y beneficios actuales del ecosistemas/ usos y beneficios tradicionales. \$ aportados por turismo actual/ \$ ingresos totales producidos por el ecosistema
<b>Forma de monitoreo</b>	% vertidos que no cumple la normativa, aumento del % de casos de enfermedades relacionadas a la mala calidad del agua (ej: enfermedad del bebe azul, diarreas, hepatitis, parasitosis).	Determinación estacional de Nt y Pt en las lagunas pampásicas Presencia de compuestos orgánicos y metales en concentraciones mayores a los niveles guía de protección a la biota acuática sugeridos por la autoridades nacionales competentes.	Comparación de la cantidad de usos y beneficios que los pobladores le dan a la laguna.

## Parque Natural de L'Albufera, Valencia, España



El Parque Natural de l'Albufera se sitúa en el área metropolitana de Valencia, inmediatamente al sur de la ciudad (Figura 25). Esta zona es un humedal costero que se encuentra separado del mar Mediterráneo por una restinga formada a partir de la sedimentación de materiales procedentes de los ríos y ramblas que desembocan en esta costa más al norte, y acarreados por la corriente de deriva litoral que en esta costa tiene un sentido norte-sur. Dicha restinga se extiende a lo largo de 30 km, desde la desembocadura del río Turia hasta el Cabo de Cullera.



Figura 25. Albufera de Valencia. a) Ubicación. b)

Cultivo de arroz en la albufera.

Este humedal se instala sobre una zona geológicamente deprimida que se ha hundido desde el Mioceno y se ha rellenado posteriormente de aluviones en el Cuaternario. Debido a su alto valor ecológico, este espacio fue declarado Parque Natural mediante el Decreto 89/1986, de 8 de julio, y en 1990 designado como sitio RAMSAR.

Es el segundo humedal en importancia en el mediterráneo ibérico después del Delta del Ebro, y tiene importancia capital en la migración de aves que se llevan a cabo en el este peninsular. Alberga una gran diversidad biológica, que se corresponde con la variedad de ambientes presentes en el Parque.

Las principales presiones identificadas para el Parque son el desarrollo de la actividad industrial y comercial en la zona, la intensa actividad agrícola, el desarrollo de las actividades de ocio y del turismo, la caza deportiva, la urbanización y presencia de infraestructuras, el desarrollo portuario y la reducción de los caudales superficiales que llegan a l'albufera.

Las problemáticas ambientales vinculadas a estas presiones son la eutrofización y contaminación trófica y química de los medios acuáticos, la contaminación química de los sedimentos del humedal, la fragmentación ambiental y pérdida de la conectividad ecológica para los vertebrados terrestres, la interrupción en el movimiento de las especies acuáticas entre el lago y el mar por el cierre de las golas, la mortalidad de fauna en carreteras, la mortalidad de aves por colisión con los tendidos eléctricos, y electrocución en las torres de dichos tendidos, la mortalidad indiscriminada de fauna por efecto de la caza, el deterioro ambiental causado por la frecuentación de turistas en la devisa la presencia de carnívoros asilvestrados en la devisa, la regresión de las playas en el norte del parque natural, la pérdida de biodiversidad debido al efecto conjunto de presiones que inciden en la alteración del hábitat natural.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema de albuferas**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Reducción de las poblaciones de especies amenazadas y pérdida de especies			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Caza de aves acuáticas.	Aves afectadas por perdigones en el tracto digestivo.	Presencia de perdigones en los sedimentos
<b>Forma de expresión</b>	Número de escopetas o cantidad de disparos por zona y temporada	Número de perdigones. Porcentaje de aves afectadas.	Número de perdigones por unidad de volumen.
<b>Forma de monitoreo</b>	Análisis de datos de cazadores registrados por la administración.	Colecta periódica de muestras de aves procedentes de caza o de muerte natural y estudio de contenidos digestivos.	Desarrollo de una red de puntos de muestreo.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Fragmentación ambiental en el humedal.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Grado de ocupación del territorio y presencia de barreras para la fauna vertebrada terrestre.	Censos de vertebrados terrestres	Diversidad específica

<b>Forma de expresión</b>	Superficie ocupada	Número de especies y abundancias	Índice de Shanon-Wiener
<b>Forma de monitoreo</b>	Elaboración de mapas con cierta periodicidad.	Seguimiento de huellas y trampeo fotográfico	Censos de fauna periódicos

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> : Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Fragmentación ambiental en el humedal.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Circulación de vehículos	Mortalidad de fauna por atropello en las carreteras.	IKA (Índice kilométrico de abundancia)
<b>Forma de expresión</b>	Intensidad Media Diaria de Circulación de Vehículos	Nº de atropellos presentes en las carreteras	Número de bajas/km de carretera prospectada (IKA)
<b>Forma de monitoreo</b>	Localización de estaciones de aforo.	Recorridos periódicos por tramos de carretera seleccionados	Recorridos periódicos por tramos de carretera seleccionados

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Alteración de la calidad de las aguas.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Calidad del agua que llega al humedal y al lago.	Densidad de fitoplancton. Estado de las comunidades de macroinvertebrados.	Índices biológicos de calidad de aguas.
<b>Forma de expresión</b>	Observación disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu$ M), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu$ g/l), Oxígeno disuelto (mg/l), 0-14 (pH), potencial red-ox (mV), T <sup>a</sup> (°C), Conductividad ( $\mu$ S/cm).	$\mu$ g/l para clorofila. Estudio cualitativo y cuantitativo de los macroinvertebrados.	Valores numéricos dentro de un rango de valores obtenido mediante calibración previa. (para índices de macroinvertebrados en humedales)
<b>Forma de monitoreo</b>	Colecta periódica de muestras y medición de parámetros fisico-químicos).	Colecta periódica de muestras de agua y organismos bentónicos.	Muestreos periódicos de organismos.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Alteración de la calidad de los sedimentos del humedal (arrozales y lago).			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Calidad del agua que llega al humedal.	Concentración de metales pesados y plaguicidas en los sedimentos.	Concentración de metales pesados y plaguicidas en los sedimentos.
<b>Forma de expresión</b>	(mg -µg/g peso seco) para metales pesados y agroquímicos en aguas que llegan al humedal.	(mg -µg/g peso seco) para metales pesados y agroquímicos en sedimentos de arrozales y del lago.	(mg -µg/g peso seco) para metales pesados y agroquímicos en sedimentos de arrozales y del lago.
<b>Forma de monitoreo</b>	Colecta periódica de muestras de sedimento en los campos de arroz del humedal y en el lago.	Colecta periódica de muestras de sedimentos.	Muestreos periódicos de sedimentos.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Disminución de la disponibilidad de agua en el humedal.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Descenso del caudal de agua en el humedal	Déficit hídrico estacional	Descenso de niveles e incremento de la salinidad.
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup> /s (déficit de caudal), mm (para lluvia, evapotranspiración)	m <sup>3</sup> /s (para caudal interno), mm (para lluvia, evapotranspiración).	Altura lámina de agua (para niveles), ml/ m <sup>3</sup> (para concentración de sales).
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s).	Mediciones periódicas de los componentes del balance hídrico (m <sup>3</sup> /s).	Mediciones periódicas de niveles y salinidad.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Agua Dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> gestión de las golas.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Gestión del agua en las golas	Diversidad específica de peces en el lago	Abundancia y diversidad de capturas por los pescadores
<b>Forma de expresión</b>	Tiempo de apertura y época del año	Índice de Shanon-Wiener (diversidad)	Índice de Shanon-Wiener (diversidad). Rendimiento pesquero (cantidad de pesca por

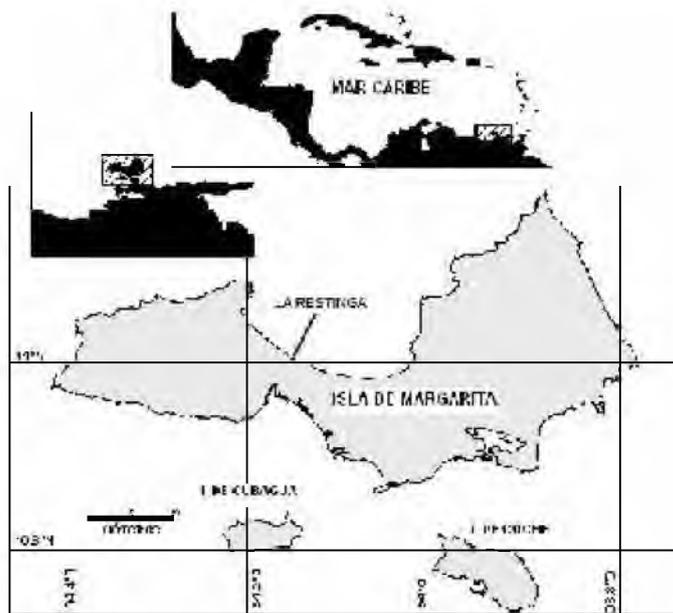
			unidad de esfuerzo)
<b>Forma de monitoreo</b>	Datos proporcionados por el ente gestor correspondiente (Junta de Desagüe).	Muestreos periódicos de peces	Muestreos de la pesca convencional.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Albufera			
<b>Tema:</b> Zona costera			
<b>Problemática ambiental:</b> Presencia de infraestructuras costeras (puerto de Valencia).			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Presencia de infraestructuras costeras que afecten a la dinámica litoral.	Distancia de la línea de costa a un punto fijo en tierra, en un lugar determinado de la costa.	Retroceso de la línea de costa
<b>Forma de expresión</b>	Caracterización de la infraestructura.	Distancia (m)	Longitud de las playas
<b>Forma de monitoreo</b>	Longitud de costa ocupada por la infraestructura y distancia que penetra en el mar	Medición periódica de distancia.	Comparación de fotografías aéreas reiteradas

### Parque Nacional Laguna de La Restinga, Venezuela



La Restinga es un Parque Marino Costero de 18862 ha creado el 6 de Febrero de 1974 con el objetivo de preservar y conservar una muestra relevante y representativa del sistema de lagunas litorales venezolanas, (República de Venezuela, 1991) como es la Laguna de La Restinga, la más importante de la Isla de Margarita (Figura 26).



**Figura26. Ubicación relativa del Parque Nacional Laguna de La Restinga**

Por la importancia de los manglares y ambientes asociados el P.N. La Restinga, en 1996 fue incorporado por la Convención de Humedales Ramsar a su lista de humedales de importancia internacional. El parque posee cuatro áreas claramente

definidas (INPARQUES, 1982, 2006): el sistema lagunar, los manglares, la propia barra o restinga, las comunidades xerófilas alrededor del parque. A ellas deberíamos agregar la zona marina al norte del territorio insular del Parque y que abarca, tanto buena parte de la Ensenada de La Guardia, como el litoral, las aguas y fondos someros al norte de Punta Tigre, El Maguey, Arenas y Arenitas.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema de laguna litoral marino costera**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Laguna litoral marino costera			
<b>Tema:</b> Disminución de hábitat lagunar			
<b>Problemática ambiental:</b> Colmatación			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Disminución volumen lagunar	Tendencia de variación en volumen	Disminución del volumen lagunar y por lo tanto de los hábitats críticos de reproducción, alimentación y criadero.
<b>Forma de expresión</b>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> de variación interanual	m <sup>3</sup> /año
<b>Forma de monitoreo</b>	Batimetrías periódicas	Batimetrías periódicas ajustadas a época del año y nivel de la marea	Batimetría, extensión de áreas de laguna convertidas en zonas inundables y/o salinetas. Extensión de manglares muertos por colmatación

<b>Tipo de ecosistema:</b> Laguna litoral marino costera			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Sobrepesca			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Disminución en número y abundancia de las especies	Especies clave cuyas poblaciones han disminuido	Especies cuyo número ha disminuido por año
<b>Forma de expresión</b>	Especies clave y su abundancia	Número de especies en esa condición	# spp/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Censos poblacionales	Censos periódicos poblacionales de especies clave	Censos detallados de spp mostrando disminución.

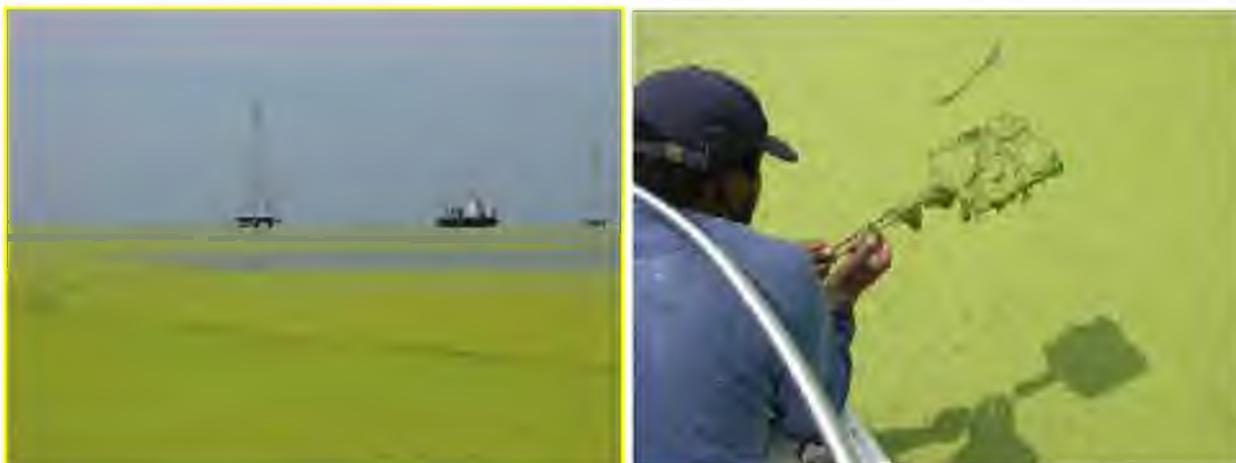
<b>Tipo de ecosistema:</b> Laguna litoral marino costera			
<b>Tema:</b> Calidad del agua			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Cambios en la calidad del agua	Perdida de la calidad del agua	Disminución del área apta para la extracción de moluscos a ser consumidos crudos (la más exigente de las categorías legales)
<b>Forma de expresión</b>	Comparación con los niveles legalmente permitidos. NMP para coliformes. mg/l para hidrocarburos.	Extensión de las zonas que no cumplen los niveles permitidos. NMP para coliformes. mg/l para hidrocarburos.	NMP para coliformes. mg/l para hidrocarburos. Variación en las áreas excluidas de ese uso
<b>Forma de monitoreo</b>	Muestreos periódicos durante ciclos de marea	Muestreos periódicos durante ciclos de marea	Muestreos periódicos durante ciclos de marea

<b>Tipo de ecosistema:</b> Laguna litoral marino costera			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Incremento en el uso del parque			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Aumento en el número de visitantes	Incremento en visitantes/año	Años continuos con crecimiento en el número de visitantes
<b>Forma de expresión</b>	Visitantes por año.	Visitantes por año por zona del parque, comparado con	Zonas (ha) donde se ha sobrepasado la capacidad de carga.

		capacidad de carga de cada zona.	
<b>Forma de monitoreo</b>	Control de ingreso y muestreos periódicos. Determinación de la capacidad de carga por zona (bioma).	Control de ingreso y muestreos periódicos de uso por zona (Bioma).	Comparación entre las visitas observadas y la capacidad de carga estimada.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Laguna litoral marino costera			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de especies amenazadas, endémicas y protegidas.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Pérdida de especies amenazadas, endémicas y protegidas (AEP) por usos ilegales	Usos ilegales que afectan spp AEP.	Intensidad de usos ilegales que afectan spp AEP.
<b>Forma de expresión</b>	Usos ilegales y su zonificación. Número de especies AEP afectadas.	Inventario y cuantificación de usos ilegales y cuales y cuanto afectan las spp AEP.	Efectos de los usos ilegales sobre las especies AEP
<b>Forma de monitoreo</b>	Observación <i>in situ</i> de usos ilegales.	Observación <i>in situ</i> de relación Abundancia de especies AEP vs Usos ilegales.	Variación en poblaciones de especies AEP y su relación con variaciones en usos ilegales.

### Lago Maracaibo, Venezuela



La Cuenca del Lago Maracaibo está ubicada en la parte noroccidental de Venezuela (Figura 27).

Políticamente ocupa principalmente el estado Zulia, y parcialmente los estados Táchira, Mérida, Trujillo y Lara. Al norte limita con el Golfo de Venezuela y Mar Caribe, al este con las Serranías de Ciruma o Barbacoas (Sistema Coriano), al sur con la cordillera de Mérida, al oeste con la Serranía de Perijá (ramal nororiental de la Cordillera de Los Andes), en cuya divisoria de cuencas se encuentra (en parte) los límites con Colombia.



**Figura 27. Mapa fisiográfico de Suramérica y de la porción noroccidental de Venezuela que contiene la cuenca y Lago de Maracaibo.**

La CLM se extiende a la vecina República de Colombia y tiene en su totalidad un área aproximada de 90000 Km<sup>2</sup>, de los cuales alrededor de 65000 Km<sup>2</sup> (incluyendo el propio lago) corresponden a Venezuela (7.1 % de la superficie del país). El Lago de Maracaibo es el mayor de Sudamérica, con una extensión aproximada de 11.900 Km<sup>2</sup> y una profundidad máxima de 35 m.

Las aguas del lago son una mezcla de agua dulce de origen pluvial y fluvial con agua salada que penetra desde el Golfo de Venezuela por la Bahía El Tablazo y Estrecho del lago, de acuerdo al régimen de mareas, viento y pendiente hidráulica del lago (Mago, 1970).

Presiones: deforestaciones e Incendios forestales, actividades de la industria petrolera en áreas interiores y lacustres, dragados, canalizaciones y embalses, malas prácticas agrícolas, uso indiscriminado de biocidas y fertilizantes, incremento poblacional e inadecuada disposición de desechos sólidos y líquidos.

Estado actual: cuerpos de agua eutrofizados (contaminación por desechos sólidos y líquidos, fertilizantes y biocidas), pesquerías artesanales menguadas, baja biodiversidad en áreas extensas muy intervenidas, para uso agropecuario e industrias extractivas, alta diversidad en áreas restringidas y endemismos (*e.g.* Sierra de Perijá), alta fragmentación de ecosistemas y especies amenazadas, amenaza a refugios de fauna y flora (P.N. Ciénagas de Juan Manuel), alto potencial ecoturístico.

Impactos: contaminación de suelos y aguas, pérdida de biodiversidad y extinción de ecosistemas y especies en peligro, regímenes torrenciales, aludes y desbordes, pérdidas en infraestructuras públicas y daños personales, introducción de especies exóticas, pérdida de valores ecoturísticos y escénicos.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema lacustre mixohalino**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Lacustre mixohalino			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestaciones e incendios forestales			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Expansión de fronteras agropecuarias.	Cobertura de ecosistemas naturales.	Pérdida de biodiversidad y valores ecosistémicos.
<b>Forma de expresión</b>	Cobertura de sistemas productivos, mini y latifundios.	Reducción de la cobertura vegetal de ecosistemas (ha)	Reducción del número de especies.
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica del territorio (ha)	Evaluación periódica del territorio (ha)	Evaluaciones periódicas de riqueza de especies ó índices de diversidad y equidad (p.e. Shanon-Wiener).
<b>Problemática ambiental:</b> Actividades de la industria petrolera en áreas terrestres y lacustres			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Instalación de pozos extractivos, km. de redes de tuberías, etc.	Disponibilidad del recurso suelo y aguas para uso tanto humano como de la biota.	Contaminación de suelos y aguas
<b>Forma de expresión</b>	Expansión de campos de extracción de crudo, redes de tuberías y plantas industriales conexas.	Pérdida de la calidad de las aguas y de los suelos para sostener vida vegetal y animal.	Aparición y explosión recurrente de especies invasoras y malezas. Reducción de especies nativas y su abundancia. Reducción de las pesquerías. Afectación de las artes y embarcaciones de pesca. Pérdida de valores escénicos.
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica con sensores remotos de las superficies cubiertas (ha) y de la nuevas áreas intervenidas	Mediciones periódicas de calidad de los suelos y aguas por ejemplo de presencia de metales pesados en suelos y de transparencia (disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu$ M), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu$ g/l), Oxígeno (mg/l), (pH), potencial redox (mV), T <sup>a</sup> (°C), y	Evaluaciones periódicas de la biota terrestre y acuática. Monitoreo de desembarcos en puertos de la pesca y encuestas a los pobladores y pescadores. Monitoreo con sensores remotos de plumas de sedimentos, explosiones de macrófitas acuáticas

		conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en aguas.	etc..
<b>Problemática ambiental: Dragados, canalizaciones y embalses</b>			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Modificación de los cursos y flujos de aguas superficiales	Características físico-químicas de recursos suelo y aguas para la biota y ecosistemas en general (disponibles en la bibliografía pertinente).	Modificación del estado natural de los ecosistemas, particularmente suelos y aguas. Desecamiento, salinización, anegación etc.
<b>Forma de expresión</b>	Incremento de periodos de sequía ó inundación edáfica. Aumento de valores de salinidad, conductividad, pH, etc.	Pérdida de la condición natural de las aguas y de los suelos generando alteraciones de la vida vegetal y animal y reordenamiento de las poblaciones previamente existentes.	Pérdida de los componentes tróficos preexistentes y aparición de otras especies adaptadas (si posible) a nuevas condiciones ambientales
<b>Forma de monitoreo</b>	Monitoreo con visitas de campo y sensores remotos, senescencia de árboles, reducción de actividad clorofílica, etc.	Mediciones periódicas de calidad de los suelos y aguas por ejemplo de presencia de metales pesados en suelos y de transparencia (disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu\text{M}$ ), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu\text{g}/\text{l}$ ), Oxígeno (mg/l), (pH), potencial redox (mV), $T^a$ ( $^{\circ}\text{C}$ ), y conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en aguas.	Evaluaciones periódicas de la biota terrestre y acuática. Entrevistas con pobladores locales que realizan actividades de subsistencia ó productivas.
<b>Problemática ambiental: Uso indiscriminado de biocidas y fertilizantes</b>			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Uso indiscriminado de biocidas y fertilizantes para obtener sobreproducción de rubros agrícolas (p.e. Plátano, palma africana).	Valores normales de parámetros físico-químicos de suelos y aguas tanto superficiales como subterráneas (disponibles en la bibliografía).	Contaminación de suelos y aguas con N, F y agroquímicos.
<b>Forma de expresión</b>	Producción de rubros	Alteración de los	Aparición y explosión

	agrícolas (t/ha), en relación a la cantidad de fertilizantes y biocidas utilizados.	parámetros físico-químicos de aguas y suelos.	recurrente de especies invasoras y malezas. Reducción de especies nativas y su abundancia.
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación de la productividad en relación con la cantidad de fertilizantes y biocidas comparado con los rendimientos y gastos de otras áreas de producción.	Mediciones periódicas de calidad de los suelos y aguas p.e. presencia de metales pesados en suelos y de transparencia (disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu\text{M}$ ), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu\text{g/l}$ ), Oxígeno (mg/l), (pH), potencial redox (mV), T <sup>a</sup> (°C), y conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	Evaluaciones periódicas de la biota terrestre y acuática. Monitoreo con sensores remotos de plumas de sedimentos, macrofitas acuáticas etc..

### Morichales y Maporales, Venezuela



La región estudiada se ubica entre la serranía de Paria y el Delta del Orinoco, donde se distribuyen las principales comunidades de palmas de chaguaramos y moriches del oriente de Venezuela (Figura 28).



**Figura 28. Ubicación del Parque Nacional Turuépano y sus unidades de vegetación, incluyendo los chaguaramales y morichales de su área de influencia (Colonnello *et al.*, (2009b).**

Los chaguaramales son bosques en los que domina la palma *Roystonea oleracea* mientras que en los morichales predomina la palma *Mauritia flexuosa*. Ambas formaciones vegetales son muy importantes por sus relaciones ecológicas con la fauna, en particular los loros, pericos y guacamayas (Psittacidae). El moriche es además una de las especies en las que se ha basado ancestralmente la subsistencia de la etnia Warao. La región cuenta con una alta biodiversidad ya que contiene bosques húmedos de tierras bajas y montañas, además de herbazales tanto dulceacuícolas como de aguas salobres y vegetación halófila como manglares. Cuenta, además, con tres parques nacionales y una reserva forestal que refuerzan el patrimonio natural. Las comunidades de palmas están siendo objeto de una marcada presión antrópica por parte de los pobladores criollos e indígenas que deforestan (tala y quema) los bosques que las contienen para producir ocumo entre otros rubros y por parte de los indígenas, que queman los herbazales para poder alcanzar los palmares para extraer y vender los psitácidos. Otras afectaciones, como drenajes de tierras anegadas con los consiguientes cambios ambientales, han producido una matriz de alteraciones que han penetrado en los linderos de las áreas protegidas. Las fuerzas motrices que potencian esta situación ambiental son fundamentalmente la pobreza estructural de la población rural, la aculturización de los indígenas Warao, así como la aplicación y continuidad de las políticas gubernamentales tanto de índole educativa como de control ambiental. Sin embargo, desde hace casi dos décadas algunas organizaciones no gubernamentales como la Fundación Vuelta Larga, han desarrollado programas de apoyo a las comunidades rurales, en particular en el área educativa y adelantado proyectos de conservación con maestros y alumnos de las escuelas locales.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistemas de morichales y maporales**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Morichales y maporales	
<b>Tema:</b> Biodiversidad	
<b>Problemática ambiental:</b> Sistema educativo tradicional ajeno a problemática ambiental local	
<b>Elementos de</b>	<b>Indicadores</b>

<b>caracterización</b>	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Sistema educativo tradicional ajeno a problemática ambiental local	La comprensión por parte de los estudiantes de los fenómenos biológicos y relaciones ecológicas entre los organismos y el ambiente, considerando al hombre como uno de los integrantes de ecosistema y su creciente capacidad de influir en la modificación de éste.	Tala y quema incontrolada de comunidades boscosas para agricultura de subsistencia. Prácticas de cultivo no sustentables, Degradación de suelos y aguas
<b>Forma de expresión</b>	Las enseñanzas de los maestros en relación con el ambiente se basan en ejemplos genéricos y no referentes a la problemática local.	Manejo del ambiente con sentido de máxima explotación de los recursos ecosistémicos. Los estudiantes no aprenden a relacionar los conocimientos teóricos con los problemas ambientales de su entorno y se convierten en elementos propiciadores de alteraciones.	Pérdida incontrolada y acelerada de biodiversidad, valores y servicios ecosistémicos.
<b>Forma de monitoreo</b>	Análisis de los programas y actividades curriculares de las escuelas relativos a la educación ambiental.	Realización de encuestas en hogares, en relación con los problemas ambientales más relevantes del entorno rural y de las prácticas cotidianas de producción y en general de vida.	Análisis de índices de diversidad. Análisis temporales de cobertura de comunidades (SIG's).
<b>Problemática ambiental: Dragados y canalizaciones</b>			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Modificación de los cursos y flujos de aguas superficiales	Características físico-químicas de recursos suelo y aguas para la biota y ecosistemas en general (disponibles en la	Modificación del estado natural de los ecosistemas, particularmente suelos y aguas. Desecamiento,

		bibliografía pertinente).	salinización, anegación etc.
<b>Forma de expresión</b>	Incremento local de períodos de sequía o inundación edáfica. Aumento de valores de salinidad, conductividad, pH, etc.	Pérdida de la condición natural de las aguas y de los suelos generando alteraciones de la vida vegetal y animal y reordenamiento de las poblaciones previamente existentes.	Perdida de los componentes tróficos preexistentes y aparición de otras especies adaptadas (si posible) a nuevas condiciones ambientales
<b>Forma de monitoreo</b>	Monitoreo con visitas de campo y sensores remotos, senescencia de árboles, reducción de actividad clorofílica, etc..	Mediciones periódicas de calidad de los suelos y aguas por ejemplo de presencia de metales pesados en suelos y de transparencia (disco de Secchi (cm o m), N y P ( $\mu$ M), salinidad (g/l), biomasa y clorofila ( $\mu$ g/l), Oxígeno (mg/l), (pH), potencial redox (mV), T <sup>a</sup> (°C), y conductividad ( $\mu$ S/cm) en aguas.	Evaluaciones periódicas de la biota terrestre y acuática. Entrevistas con pobladores locales que realizan actividades de subsistencia ó productivas.
<b>Problemática ambiental: Deforestaciones e incendios forestales</b>			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Expansión de la frontera agropecuaria	Cobertura de ecosistemas naturales	Pérdida de biodiversidad y valores ecosistémicos
<b>Forma de expresión</b>	Cobertura de sistemas productivos, mini y latifundios	Reducción de la cobertura de ecosistemas (has.)	Reducción del número de especies
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica del territorio (has.)	Evaluación periódica del territorio (has.)	Evaluaciones periódicas de riqueza de especies ó índices de diversidad y equidad (Shanon-Wiener). Evaluaciones periódicas con visitas de campo y sensores remotos del número de has de vegetación natural intervenida.
<b>Problemática ambiental: Extracción ilegal flora y fauna y en general de productos forestales.</b>			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>

<b>Denominación</b>	Extracción ilegal de flora y fauna y en general de productos forestales. Sobreexplotación de recursos naturales.	Abundancia y/o diversidad de los componentes vivos de una comunidad ó ecosistema.	Pérdida de biodiversidad y valores ecosistémicos
<b>Forma de expresión</b>	Reducción de poblaciones naturales y afectación de componentes y servicios ecosistémicos.	Reducción de la Abundancia y/o diversidad de los componentes vivos de una comunidad ó ecosistema.	Reducción del número de especies, pérdida de la funcionalidad de un ecosistema.
<b>Forma de monitoreo</b>	Cantidad de piezas de cacería vendidas o comercializadas en restaurantes y mercados. Número de animales vivos (p.e. Psitácidos) comercializados en mercados locales ó internacionales.	Evaluaciones periódicas de la abundancia y/o diversidad de los componentes vivos de una comunidad ó ecosistema de los cuales se haya detectado una extracción marcada que pueda afectar la supervivencia de la especie o componente.	Evaluaciones periódicas de riqueza de especies o índices de diversidad y equidad (p.e. Shanon-Wiener).

**Problemática ambiental:** Actividades de la industria petrolera

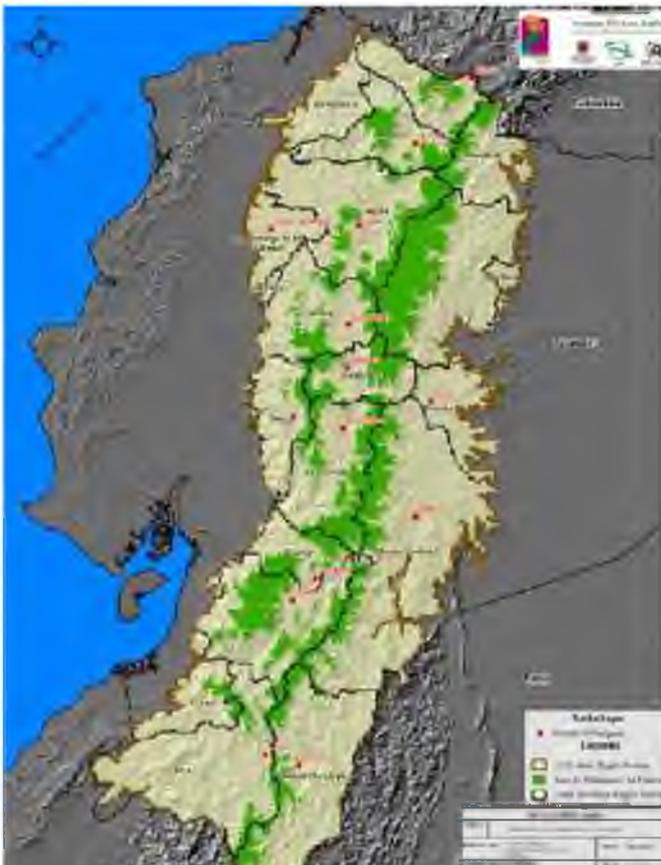
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Migraciones internas producto del auge petrolero local, que colateralmente se dedican a actividades agrícolas tradicionales con afectación de ambientes naturales.	Abundancia y/o diversidad de los componentes vivos de una comunidad ó ecosistema.	Pérdida de biodiversidad y valores ecosistémicos
<b>Forma de expresión</b>	Incremento poblacional local o regional. Incremento de áreas despejadas, quemadas, cultivadas. Incremento de extracción de productos naturales y/o especies como cacería para consumo o vivas para comercio.	Reducción de la abundancia y/o diversidad de los componentes vivos de una comunidad ó ecosistema.	Reducción del número de especies, pérdida de la funcionalidad de un ecosistema.
<b>Forma de monitoreo</b>	Catastro poblacional de municipios y Juntas Comunales.	Evaluaciones periódicas de la abundancia y/o	Evaluaciones periódicas de riqueza de especies ó índices

	Incremento de comercialización de especies vivas.	diversidad de los componentes vivos de una comunidad o ecosistema de los cuales se haya detectado una extracción marcada que pueda afectar la supervivencia de la especie o componente.	de diversidad y equidad (p.e. Shanon-Wiener). Evaluaciones periódicas con visitas de campo y sensores remotos del número de has de vegetación natural intervenida.
<b>Problemática ambiental:</b> Agricultura en suelos no aptos o con métodos inadecuados.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Uso de suelos con vocación de protección de cuencas para cultivos.	Suelos hidromórficos, con cobertura vegetal leñosa o herbáceo/arbustiva fungiendo como áreas protectoras de cuencas, fauna y flora.	Pérdida de biodiversidad y valores ecosistémicos
<b>Forma de expresión</b>	Clareo de bosques tropófilos altos sobre suelos hidromórficos, anegables, para el cultivo de rubros como Colocassia esculenta (Ocumo chino) y posterior abandono luego de una o dos cosechas.	Alteración de estos ecosistemas para realizar actividades agrícolas.	Reducción del número de especies, pérdida de la funcionalidad de un ecosistema.
<b>Forma de monitoreo</b>	Monitoreo con visitas de campo y sensores remotos (has de vegetación natural intervenida).	Evaluaciones periódicas con visitas de campo y sensores remotos del número de has de vegetación natural intervenida.	Evaluaciones periódicas de riqueza de especies ó índices de diversidad y equidad (Shanon-Wiener). Evaluaciones periódicas con visitas de campo y sensores remotos del número de has de vegetación natural intervenida.



Los páramos son ecosistemas existentes en las montañas andinas de Ecuador, que existen discontinuamente a lo largo del callejón interandino de norte a sur y en la Cordillera Oriental (Figura 29).

Las altitudes características de los páramos no tienen una variación altitudinal clara y definida. Para algunos autores el páramo puede variar entre los 3000-3500 msnm hasta la línea de nieves perpetuas a 4600msnm, y en otros sitios hasta los 5000 msnm. Su importancia radica en que representan un reservorio importante de agua para el abasto humano. Además, prestan numerosos servicios ambientales a las comunidades asentadas en sus territorios, especialmente de productos animales y vegetales, tales como alpacas, preñadillas y truchas, chuquiragua, flores de páramo, tubérculos y leguminosas, frutos de páramo, plantas medicinales, entre otras.



**Figura 29. Extensión de los páramos en el Ecuador**

Tomado de Velasteguí, 2010.

El deterioro de las condiciones naturales de los ecosistemas de páramos es causado por efectos humanos y naturales que afectan directamente al entorno físico de los ecosistemas, disminuyendo su capacidad de producción o permanencia en el tiempo. Entre las presiones más significativas cabe destacar las siguientes:

*Cambio de uso del suelo.* La principal actividad humana que está causando deterioro en las condiciones naturales de estos ecosistemas es la agricultura de altura y de ocupación de los

páramos con propósitos agrícolas como única alternativa de producción y fuente de ingreso. *Quemas*. Este fenómeno en zonas de páramo es muy común y puede darse por factores naturales e inducidos por el hombre.

*Introducción de especies*. Debido a la necesidad de generación de fuentes de ingresos, campesinos y colonos han introducido especies no nativas hacia los páramos, incluso especies endémicas de otros páramos andinos como las llamas y alpacas peruanas y bolivianas a los páramos del nevado Chimborazo.

*Pesca*.

Los páramos al ser fuente de generación de agua en las cabeceras de las cuencas andinas crean las condiciones hídricas ideales tanto en calidad como cantidad para una adecuada productividad de peces, sirviendo como fuente de alimento y de recreación para habitantes de la zona y visitantes.

*Turismo*. Las condiciones ambientales y su distancia de los centros urbanos, han hecho que los páramos sean considerados como sitios adecuados de esparcimiento y fuente de sosiego para muchos habitantes de las grandes ciudades y del exterior. Sin embargo, la falta de cultura ecológica ha generado afectaciones a los ecosistemas por el uso inadecuado de los senderos, uso de zonas de páramo para campamentos, extracción de recursos naturales, entre otras.

#### Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistemas de páramos

Tipo de ecosistema: Páramos			
Tema: uso del suelo y la tierra			
Problemática ambiental: Conversión del páramo en tierras agrícolas			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación: uso del suelo	Expansión de la frontera agrícola y ganadera.	Disminución de la cobertura vegetal nativa. Alteración del régimen de regulación hídrica	Pérdida de biodiversidad nativa. Pérdida de regulación del agua. Incremento de la erosión
Forma de expresión	(% de reducción del área de páramo)	%, b) m <sup>3</sup> /s	Reducción del número de especies vulnerables. Caudal de aporte de la cuenca. Carga de sedimentos.
Forma de monitoreo	Biodiversidad nativa cada 5 años	Regulación del agua registro diario	Erosión cada seis meses aforos sólidos

Tipo de ecosistema: Páramo			
Tema: Recurso hídrico y agua			
Problemática ambiental: Alteración del régimen hidrológico			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación: agua	Cambio climático Alteración de la superficie de Turberas	Alteración del régimen de regulación hídrica	Pérdida de biodiversidad nativa asociada a

	Alteración de la superficie de cuerpos de agua		ecosistemas acuáticos. Magnitud de la variación del régimen
<b>Forma de expresión</b>	% de disminución de glaciares. ha ha	m <sup>3</sup> /s	Reducción del número de anfibios. Series históricas de caudales.
<b>Forma de monitoreo</b>	Biodiversidad acuática nativa cada 3 años	Regulación del agua registro diario	Comparación de abundancia de anfibios. Comparación de series históricas de caudales.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Páramo			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de la biodiversidad ecológica			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación: biodiversidad</b>	Expansión de la frontera agrícola y ganadera.	Alteración de la diversidad biológica	Disminución de la diversidad biológica
<b>Forma de expresión</b>	% de reducción del área de páramo	Índice de riqueza y densidad	Reducción del número de especies
<b>Forma de monitoreo</b>	Unidades muestrales definidas cada 3 años	Comparaciones reiteradas del índice	Comparaciones reiteradas del número de especies

<b>Tipo de ecosistema:</b> Páramo			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Fragmentación del hábitat natural			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación: biodiversidad</b>	Expansión de la frontera agrícola y ganadera.	Número de fragmentos de páramos en un área	Medición de vegetación secundaria
<b>Forma de expresión</b>	% de reducción del área de páramo	% con relación al área	Número de especies por fragmento
<b>Forma de monitoreo</b>	Censos anuales de riqueza florística en parcelas pre definidas	Comparaciones reiteradas del % con relación al área	Comparaciones reiteradas del número de especies por fragmento



**Humedales Parque Nacional Palo Verde**

El Parque Nacional Palo Verde (PNPV), con aproximadamente 20.000 ha, está ubicado en la provincia de Guanacaste, a unos 200 km al noroeste de San José, Costa Rica (Figura 30). Forma parte de las subcuencas media y baja de los Ríos Tempisque y Bebedero.



**Figura 30. Ubicación del Parque Nacional Palo Verde en la Provincia de Guanacaste**

El PNPV incluye una serie de ecosistemas que albergan vida silvestre de gran importancia para el área de la que forma parte, tiene categoría de sitio RAMSAR.

Esos humedales han sido considerados entre los más importantes en Centro América por ser lugar de residencia

permanente o temporal de más de 60 especies de aves acuáticas, algunas amenazadas por la pérdida de hábitat y en peligro de extinción. Esta riqueza biológica de importancia mundial, lo convierte en uno de los sitios más significativos para desarrollo del país, características que no son reconocidas por los pobladores, constituyendo la principal barrera para la protección del Parque.

Las principales presiones identificadas dentro del parque y en zonas aledañas son la caza ilegal de fauna diversa como el puma (*Felis concolor*), manigordo (*Felis pardalis*), caucel (*Felis wiedii*), león breñero (*Felis yaguarundi*), venados (*Odocoileus virginianus*) y saínos (*Dicotyles tajacu*), el robo con fines comerciales de polluelos de especies en vías de extinción como el galán sin ventura (*Jabirú mycteria*) y la lapa roja (*Ara macao*), la tala de especies vegetales para aprovecharla como leña o madera, tales como el pochote (*Bombacopsis quinata*), guayacán real (*Guaiacum sanctum*) y elmadero negro (*Gliricidia sepium*).

Las principales problemáticas del Parque están asociadas a la reducción de la cantidad de aves que visitan y anidan en los humedales, la disminución de los espejos de aguas, la invasión agresiva de la tifa y la mimosa, la reducción de las precipitaciones

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en humedales interiores dulceacuícolas**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedales interiores dulceacuícolas			
<b>Tema:</b> Suelos			
<b>Problemática ambiental:</b> Eutrofización de los cuerpos de agua aledaños a las tierras de uso agropecuario.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Producción	Aumento en la	Disminución de

	agropecuaria y utilización de agroquímicos en zonas aledañas	concentración de agroquímicos	especies
<b>Forma de expresión</b>	ml /m <sup>3</sup>	Concentración ppm	Sp / ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Medición anual de la calidad del agua	Medición de la concentración de agroquímicos	Mediciones periódicas de abundancia de especies

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedales interiores dulceacuícolas			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Proliferación de especies consideradas como casos de máxima prioridad con comportamiento de invasoras			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Abundancia de cada especie invasora	# de especies con comportamiento de invasoras	Cambios en el número de especies endémicas o autóctonas.
<b>Forma de expresión</b>	(# ind /UM)	(# sp/ha/t)	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica (# ind /UM)	Mediciones periódicas ((# sp x ha)	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedales interiores dulceacuícolas			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Reducción de hábitat, fragmentación y transformación de ecosistemas			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Reducción de espejos de agua y especies nativas por aumento de invasoras	Cambio de cobertura vegetal	Variación de la disponibilidad de recursos (refugio, alimentación) de especies sombrilla.
<b>Forma de expresión</b>	% de reducción	% de reducción de espejos de agua	sp/ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Evaluación periódica de la reducción de espejos de agua y aumento de invasoras	Medición periódica de aumento de especies invasoras y de disminución de espejos de agua	Mediciones periódicas de abundancia de especies.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Humedales interiores dulceacuícolas			
--	--	--	--

<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Especies amenazadas y pérdida de especies			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Pérdida de especies	Reducción de las especies (principalmente de aves) que visitan el humedal	Pérdida de biodiversidad
<b>Forma de expresión</b>	No. de individuos que visitan el humedal	Disminución en cantidad de especies y de individuos	sp / ha
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones anuales	Mediciones anuales	Mediciones periódicas de visitación de especies

### Cuenca Río Hacha, Amazonía Colombiana



La cuenca del río Hacha se ubica en la región Andino Amazónica Colombiana (Figura 31), esta ubicación le confiere condiciones propicias para albergar una singular diversidad de especies. Además, es un área con abundantes recursos hídricos, sin embargo, por problemas

socioeconómicos como de orden público, es la parte de la cuenca amazónica menos estudiada. De esta cuenca se extrae agua para abastecimiento y, a su vez, es el principal lugar de recreación, de la población de Florencia, mayor ciudad de la Amazonía colombiana con aproximadamente 160.000 habitantes.



**Figura 31. Ubicación geográfica de la cuenca Río Hacha**

Las principales problemáticas ambientales en la cuenca corresponden al uso inadecuado del suelo, siendo la ganadería la principal actividad y la contaminación de sus recursos hídricos, ya que la cuenca en su parte media y baja es la receptora final de las aguas residuales de la población urbana.

Las presiones que amenazan la degradación de la cuenca son la actividad sísmica, la remoción en masa, las inundaciones, la deforestación, la erosión, los incendios forestales y la contaminación hídrica.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en cuenca hidrográfica**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Cuenca hidrográfica			
<b>Tema:</b> Suelos y Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Uso inadecuado del suelo y Contaminación de los recursos hídricos			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Avance de la frontera pecuaria (ganado bovino) y expansión urbana	Reducción de los usos del suelo y degradación de ecosistemas acuáticos.	Reducción de la oferta hídrica (cantidad y calidad)
<b>Forma de expresión</b>	ha/año	ha/año	m <sup>3</sup> /s y a través de indicadores de calidad de agua (Ortofosfatos, DBO <sub>5</sub> , DQO, Sólidos, Coliformes y macroinvertebrados acuáticos).
<b>Forma de monitoreo</b>	Control periódico de la superficie de bosques y tierras para actividad pecuaria y área urbana, a través de imágenes satelitales y reconocimiento en campo.	Control periódico de la superficie pecuaria y de expansión urbana a través de imágenes satelitales y reconocimiento en campo.	Mediciones periódicas de estos parámetros.

**Lago Atitlán, Guatemala**



El Lago de Atitlán, de 100 km<sup>2</sup> y con un volumen de 25 km<sup>3</sup> de agua y profundidad máxima de 324 m, se encuentra situado a 1562 msnm, en el departamento de Sololá, a 145 km al oeste de la Ciudad de Guatemala(Figura 14).



**Figura 32. Imagen satelital con los sitios de muestreo.** Modificación de imagen de Google Herat. Fuente: datos de campo.

El Lago de Atitlán es de gran importancia socioeconómica por los servicios ambientales que presta a las poblaciones en sus alrededores; sirve como fuente de agua y alimentos, para el transporte y recreación y es considerado uno de los más bellos del mundo por lo cual es un destino turístico principal. Uno de los principales problemas del lago, es que desde 2008 han ocurrido floraciones extensivas de cianobacterias que han abarcado hasta 38% de su área superficial, lo

que ha propiciado impactos negativos sobre las actividades económicas, como la disminución del turismo, de la actividad pesquera y el riesgo de intoxicaciones por la posible producción de cianotoxinas. La floración de cianobacterias en el lago es consecuencia de presiones humanas, que incluyen contaminación causada por descargas de aguas residuales, de aguas mieles, malas prácticas agrícolas, turismo sin manejo adecuado y basura. Aunado a esto, el cambio climático ha provocado incremento en la temperatura del agua y una mayor radiación solar, condiciones que favorecen las floraciones de cianobacterias.

La descarga de aguas residuales sin tratamiento ha incrementado los niveles de nutrientes y contaminantes químicos, propiciando la floración de cianobacterias, principalmente de *Lyngbya* sp. La Autoridad para el Manejo de la Cuenca del Lago de

Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), ha detectado que 10 de los 15 municipios que se encuentran dentro de la cuenca del Lago descargan directamente sus aguas residuales al mismo, ya sea por un sistema de drenaje o por escurrimiento superficial sin ningún tratamiento previo; los restantes municipios descargan sus aguas residuales, de la misma manera a ríos y arroyos, que al final de su recorrido llevan esas aguas al lago que es el punto más bajo de la cuenca hidrográfica.

Esta situación afecta la calidad del agua y pone en peligro la salud, la seguridad alimentaria y el nivel de ingresos de los habitantes de la cuenca, que dependen en buena medida de los servicios ambientales provistos por el lago, como la actividad turística, la pesca y la provisión de agua para riego y otros usos humanos.

Según los resultados de las investigaciones realizadas en cuatro muestreos del Lago de Atitlán en 2009, el Lago aún presenta características de cuerpo de agua oligotrófico, sin embargo, los niveles de nutrientes se han incrementado, especialmente cerca de las poblaciones localizadas en sus riberas. Los niveles de nitrógeno y fósforo, la transparencia del agua y sólidos en suspensión, así como las cianobacterias *Lyngbya* sp y *Microcystis* sp., son propuestos como indicadores de estado de la calidad del agua del Lago de Atitlán.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistemas lacustres dulceacuícolas**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Sistema lacustre dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Alteración de la calidad del agua			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Descargas de aguas residuales no tratadas y escorrentía agrícola. Deforestación.	Densidad de fitoplancton. Concentración de nutrientes (P y N) en el Lago. Turbidez del agua, presencia de sólidos en el lago, sedimentación.	Floraciones de cianobacterias. Pérdida del espejo de agua. Disminución en la visibilidad del agua en el lago.
<b>Forma de expresión</b>	Caudal de tributarios y descargas de aguas residuales (m <sup>3</sup> /s) Niveles de N, P (mg/l). 3. Nivel de sólidos en el agua.	Conteo de organismos (unidades/m <sup>3</sup> ). Niveles de P y N (mg/l) Nivel de sólidos en el agua.	Cantidad de floraciones por año y sus duraciones. Periodos en los que la visibilidad del agua disminuye y hay incremento de sólidos en el lago.

<b>Forma de monitoreo</b>	Toma periódica de muestras de agua de tributarios del Lago y descargas de aguas residuales directas al Lago. Fotografías satelitales.	Toma periódica de muestras de agua y fitoplancton en el Lago.	Observación periódica del Lago y registro de fechas y duración de las floraciones e incremento de sólidos.
---------------------------	--	---	--

<b>Tipo de ecosistema:</b> Sistema lacustre dulceacuícola			
<b>Tema:</b> Agua dulce			
<b>Problemática ambiental:</b> Contaminación microbiológica del agua del Lago Atitlán.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
<b>Denominación</b>	Descargas de aguas residuales no tratadas.	Niveles de contaminación bacteriológica en agua del Lago.	Agua contaminada no apta para consumo y fines recreativos.
<b>Forma de expresión</b>	Caudal de tributarios (m <sup>3</sup> /s) Niveles de <i>E. coli</i> , coliformes y organismos específicos en descargas al lago (NMP).	NMP de <i>E. coli</i> , coliformes y organismos patógenos en el agua del Lago.	NMP en sitios en que se supera el Límite Máximo Permitido para contaminantes microbiológicos.
<b>Forma de monitoreo</b>	Toma periódica de muestras de aguas residuales de descargas directas al Lago.	Toma periódica de muestras de agua en el Lago.	Toma periódica de muestras de agua en el Lago. Generación de información, para informar a la población sobre enfermedades infecciosas transmitidas por el uso inadecuado del agua.

### Bosque Amazónico, Ecuador

La región amazónica posee el bosque húmedo tropical más grande de la tierra y una diversidad biológica incalculable, en él habitan 300 especies de anfibios, de ellas 147 están distribuidas en la Amazonía ecuatoriana y 96 en el Yasuní. La Amazoníaecuatoriana ocupa una superficie de 116.604,06 km<sup>2</sup>, aproximadamente el 47% del territorio nacional.

La diversidad alfa del bosque húmedo tropical en la región del Yasuní es probablemente más alta que la diversidad alfa en otros sectores de la Amazonía. En la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno se encuentran ecosistemas que están entre los más diversos del planeta, esta reserva es considerada como un santuario de vida silvestre e incluye áreas de altísimo valor para la conservación de la biodiversidad. La Amazonía Ecuatoriana consta de cuatro tipos de ecosistemas: Bosque húmedo amazónico, Bosque

húmedo amazónico inundable, Bosque húmedo montano oriental y Bosque seco Montano Oriental.



Bosque húmedo amazónico

Es un ecosistema de bosques heterogéneo y muy diverso, su clima es cálido y húmedo. Ocupa un 30% de la superficie nacional. Sus árboles alcanzan alturas de 30 a 40 metros (Figura 33). En este bosque existen alrededor de 200 especies por hectárea asentadas en zonas no inundables. Es una zona de alta pluviosidad.

**Figura 33. Bosque Húmedo Amazónico, Suárez 2001.**

**Figura 34. Bosque húmedo amazónico inundable, Sierra et al 2000.**



Bosque húmedo amazónico inundable

Se ubica en suelos continuos a grandes ríos, tanto de aguas negras como blancas. En épocas de alta pluviosidad se inundan y pueden permanecer así por varios meses. La vegetación alcanza hasta 35 metros de altura. Algunos estratos de flora que se pueden encontrar en este ecosistema son: *Gynerium*, *Cecropias* y *Picus*, aunque su grupo más representativo son las palmas (Figura 34).

Bosque húmedo montano oriental

Se ubica desde los 1800 a 3600 metros de altitud. Se caracteriza por la abundancia de musgos, orquídeas, bromelias y helechos e incluye vegetación de transición. Está representado por el *Polylepis* y la miconia norte y centro del país, mientras que en el este está representado por el *Poáocarpus* (Figura 35).



en el sur

**Figura 35. Bosque húmedo montano oriental, Sierra et al 1999**



Bosque seco montano oriental

Es un ecosistema exclusivo de la zona de estribaciones al sur del país. Se ubica entre los 800 y 3000 metros de altura. Es una mezcla de especies amazónicas y andinas, su vegetación alcanza alturas de 30 metros. También se encuentran *podocapus* en este bosque (Figura 36).

**Figura 36. Bosque seco, Sierra et al 1999.**

A pesar de toda esta riqueza, la biodiversidad de esta región ha sido fuertemente amenazada principalmente por la transformación de ecosistemas, la ampliación de la red vial y la accesibilidad, la deforestación, la sobreexplotación de la fauna y la madera, la extracción ilegal de recursos genéticos, la contaminación y la explotación petrolera.

**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema de bosque amazónico**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque amazónico			
<b>Tema:</b> Suelos			
<b>Problemática ambiental:</b> Manejo de tierras			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Expansión de la frontera agrícola.	Disminución de suelos que forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.	Deterioro del hábitat de las especies del lugar y erosión del suelo.
<b>Forma de expresión</b>	ha/año	Áreas ocupadas para agricultura/año	ha/año
<b>Forma de monitoreo</b>	Observación bianual por medio de imágenes satelitales.	Observación de imágenes satelitales de los sitios más afectados.	Observación de imágenes satelitales del lugar y control del número de especies de la zona.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque amazónico			
<b>Tema:</b> Actividades económicas petroleras			
<b>Problemática ambiental:</b> Manejo inapropiado de residuos sólidos y líquidos			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Explotación petrolera.	Derrames de petróleo, fallas en los oleoductos.	Deterioro de la salud de los pobladores de las zonas aledañas, deterioro de la calidad del agua y suelo de la zona.
<b>Forma de expresión</b>	Ha ocupadas por la actividad petrolera, número de bloques petroleros, número derrames por año.	Volúmenes de petróleo derramados, número de derrames por año.	Aumento de enfermedades de origen hídrico, Pérdida de calidad del agua.
<b>Forma de monitoreo</b>	Fotografías satelitales,	Revisión de reportes	Número de enfermos,

	revisión de mapas y reportes petroleros.	de derrames de las compañías petroleras.	muestreo trimestral de calidad del agua.
--	--	--	--

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque amazónico			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Degradación de los hábitats naturales			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Fragmentación y deterioro de ecosistemas.	Tendencia de la desestructuración de un ecosistema y aumento del número de extensiones aisladas del ecosistema en un año determinado.	Destrucción de sitios de refugio, alimentación y reproducción de la fauna, con la correspondiente pérdida de hábitat de numerosas especies y deterioro de la biodiversidad.
<b>Forma de expresión</b>	Número de parches y área que ocupa.	Número de parches y área que ocupa.	Número de parches y área que ocupa.
<b>Forma de monitoreo</b>	Observación bianual de la superficie boscosa nativa a través de imágenes satelitales reiteradas.	Control bianual a través de imágenes satelitales.	Diferenciación superficial entre el número de parches inicial y final.

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque amazónico			
<b>Tema:</b> Suelo			
<b>Problemática ambiental:</b> Conversión y transformación de ecosistemas naturales a usos y cobertura del suelo antrópicos			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Aumento de la deforestación.	Nivel de pérdida del bosque nativo.	Áreas donde ha ocurrido conversión de la cobertura boscosa, extracción de recursos maderables de fuentes naturales nativas.
<b>Forma de expresión</b>	h/ año	h/ año	h/ año de áreas convertidas
<b>Forma de monitoreo</b>	Registro bianual de la superficie boscosa nativa por medio de imágenes satelitales reiteradas.	Control bianual de la superficie boscosa nativa y su ubicación a través de imágenes satelitales periódicas.	Diferenciación entre la superficie de bosque nativo en el año de referencia inicial y el año de referencia final.

## Bosque de Ciénaga, Herbazal y Manglares, Cuba

Los manglares cubanos ocupan de manera general las costas biogénicas, acumulativas, cenagosas y con esteros, donde el efecto de las mareas y los escurrimientos de agua dulce determinan su presencia; y constituyen una reserva forestal muy valiosa, conformando extensas masas boscosas. Representan el 5,1% del territorio nacional y el 20,1% la superficie boscosa del país y (Menéndez y Guzmán, 2010), ocupando por su extensión el noveno lugar en el mundo, están entre los de mayor representación en el continente americano y ocupan el primer lugar entre los países del Caribe. Es posible diferenciar, al menos tres regiones: 1) Región Occidental y Costa Sur de la Región Central; 2) Costa Norte de la Región Centro Oriental y Costa Sur y 3) Región Oriental.



(Menéndez y Priego, 1994) Las áreas de mayor abundancia de los bosques de mangles en Cuba se localizan en los tramos de Cabo de San Antonio a Bahía Honda y de Península de Hicacos a bahía de Nuevititas, en la costa norte, y de Cabo cruz a Casilda y de bahía de Cochinos a Cayo Francés, en la costa sur.

En la región occidental y hasta la costa sur de la región central se presentan las mejores condiciones para el establecimiento de los manglares, con una precipitación media anual de hasta 1 600 mm, menor evaporación media anual y menor temperatura media del aire y predominio de costa acumulativa favorable al desarrollo de los manglares. Estas condiciones van decreciendo hacia la costa sur de la región oriental donde las precipitaciones medias llegan hasta 800 mm, aumenta la transpiración media anual y la temperatura media del aire, con un evidente estrés hídrico; por otra parte, esta última zona es menos apta para el desarrollo de los manglares y tiene un predominio de costa abrasiva (ACC-ICGC 1989). En las cuencas del norte se aprecia un limitado desarrollo del ecosistema de manglar, caracterizado por una aparición más frecuente, cuya extensión no logra alcanzar las dimensiones de los de la cuenca sur. La característica más importante que diferencia este ecosistema en ambas cuencas es el grado de fragmentación de la cuenca norte, provocado en primer lugar por un factor natural como es la génesis y evolución del relieve, y en segundo lugar por el nivel de asimilación socioeconómica a que han estado sometidos estos territorios.

La vegetación de manglar, en correspondencia con la gran diversidad de condiciones ecológicas existentes en las costas, presenta diversas variantes fisonómicas, conformando bosques altos cuando alcanzan más de 15 m de altura en sitios donde la abundancia de nutrientes y los escurrimientos de agua dulce permiten su implantación, hasta los manglares achaparrados, enanos o de pequeña talla que no sobrepasan los 2 m de altura, situados en sitios altamente tensionados, tanto por la pobreza de los suelos como por los altos valores de salinidad, los que pudieran ser considerados como matorrales (Menéndez *et al.*, 1987; Vilamajó y Menéndez, 1987; Menéndez y Priego, 1994). Las especies vegetales arbóreas que conforman los bosques de mangles son fundamentalmente cuatro: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans*

(mangle prieto), *Laguncularia racemosa* (patabán) y *Conocarpus erectus* (yana), las que conforman bosques mono dominantes o mixtos mostrando diferencias fisonómicas y florísticas



Los bosques de ciénagas, junto a los herbazales conforman humedales de agua dulce, los que puede encontrarse en ciénagas costeras, con inundaciones periódicas o permanentes, sobre suelos ricos en materia orgánica; se localizan fundamentalmente en las Penínsulas de Guanahacabibes y de Zapata, costa norte entre Matanzas y Camagüey y al sur de la Isla de la Juventud. Son características del bosque de ciénaga la presencia de *Bucida spp.*, *Copernicia spp.*, *Sabal parviflora*, *Tabebuia angustata*, *Annona glabra* entre otras.

Los herbazales de ciénaga están conformados fundamentalmente por especies herbáceas, con abundancia de gramíneas y ciperáceas, con inundaciones temporales o permanentes, asociados a bosques de ciénagas y ecotonos de los manglares. En zonas permanentemente inundadas, con suelos de turba la vegetación alcanza entre 1,5 a 2 m de altura; en zonas temporalmente inundadas la vegetación alcanza menor altura, con presencia de *Cyperus spp.*, *Echinodorus spp.*, *Eleocharis spp.*, *R. gigantea*, *Sagittaria spp.*, entre otras y puede asociarse a sabanas inundables con palmas dispersas.



**Propuesta de indicadores para evaluar presiones, estado e impactos en ecosistema de humedales (Ciénaga de Zapata)**

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de ciénaga			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de hábitat.			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Avance de frontera	Cambio de superficie de bosque de ciénaga	Pérdida de área boscosa costera

	agrícola		
<b>Forma de expresión</b>	Área de bosque (km <sup>2</sup> )		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de las áreas de bosque (km <sup>2</sup> ), usando técnicas de percepción remota		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de ciénaga			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Presencia de especies invasoras			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Taxones con comportamiento de invasoras	Desplazamiento de especies autóctonas	Pérdida de diversidad biológica
<b>Forma de expresión</b>	Cambios en la composición florística del bosque (taxa/ha/t)		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas (taxa/ha/t)		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque deciénaga			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de bosque			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Cambio de uso del suelo	Desaparición de los bosques de ciénaga	Avance de la cuña salina y contaminación de manto freático
<b>Forma de expresión</b>	% NaCl		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de la salinidad % NaCl		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Herbazales de ciénaga			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de hábitat.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Incendios	Cambio de cobertura vegetal	Trasformación de humedal y pérdida de DB
<b>Forma de expresión</b>	Área de humedal (km <sup>2</sup> ) Diversidad Biológica (taxa/ha/t)		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de las área de humedal (km <sup>2</sup> ), usando técnicas de percepción remota Evaluaciones rápidas de diversidad biológica (taxa/ha/t)		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de mangles			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			

<b>Problemática ambiental:</b> Pérdida de hábitat.			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Represamiento de ríos, construcción de canales, diques, viales y pedraplenes	Cambios en el régimen hidrológico en el manglar	Aumento de la salinidad
<b>Forma de expresión</b>	Debilitamiento o muerte por partes del manglar		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de la salinidad tanto superficial como intersticial (‰)		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de mangles			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestación			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Disminución del intercambio de las aguas	Cambios en la estructura del bosque de mangle	Disminución de la biomasa arbórea
<b>Forma de expresión</b>	Reducción de la altura y diámetro de los árboles		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas del área basal del bosque (m <sup>2</sup> /ha)		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de mangles			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestación			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Construcción de asentamientos u otras instalaciones o infraestructuras en áreas de manglar	Desaparición de áreas de manglar	Pérdida de la función protectora del manglar
<b>Forma de expresión</b>	Reducción del área de manglar (km <sup>2</sup> )		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de las áreas de manglar (km <sup>2</sup> ), usando técnicas de percepción remota		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de mangles			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestación			
<b>Elementos de caracterización</b>	<b>Indicadores</b>		
	<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Impacto</b>
<b>Denominación</b>	Construcción de salinas	Muerte y deterioro del manglar con aumento de la salinidad	Desaparición de áreas de manglar con pérdida de la protección costera

<b>Forma de expresión</b>	Reducción del área de manglar (km <sup>2</sup> )
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de las áreas de manglar (km <sup>2</sup> ), usando técnicas de percepción remota

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de mangles			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestación			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Contaminación con hidrocarburos	Muerte por partes de la vegetación Reducción del área de manglar	Pérdida de área de manglar
<b>Forma de expresión</b>	Presencia de hidrocarburos en el manglar		
<b>Forma de monitoreo</b>	Muestreos periódicos del contenido de hidrocarburos en el suelo del manglar		

<b>Tipo de ecosistema:</b> Bosque de mangles			
<b>Tema:</b> Biodiversidad			
<b>Problemática ambiental:</b> Deforestación			
Elementos de caracterización	Indicadores		
	Presión	Estado	Impacto
Denominación	Talas continuadas del bosque de mangle	Cambios en las condiciones del suelo	Aumento de la salinidad
<b>Forma de expresión</b>	Debilitamiento del manglar, cambios en la composición de especies y con evidente reducción de la estructura del bosque		
<b>Forma de monitoreo</b>	Mediciones periódicas de la salinidad tanto superficial como intersticial (‰) y del área basal del bosque (m <sup>2</sup> /ha)		

### *Consideraciones generales sobre los indicadores.*

En la misma medida que los ecosistemas degradados se han extendido en diversos ámbitos geográficos, comprometiendo muchos de los empeños mundiales en función del desarrollo, la EAI se ha hecho más necesaria, al efecto de sopesar de forma racional y efectiva el alcance multifactorial de su incidencia. Esa relevancia ha involucrado en igual medida a los indicadores requeridos para su realización, que se han venido perfeccionando en ejercicios de tipo teórico y práctico, dentro de diferentes estructuras organizacionales. A pesar de ello, quedan vacíos informativos en cuanto a espacios geográficos concretos y su destino utilitario, tanto en tipos de uso como en la intensidad del manejo, lo cual se hace más complejo cuando se trata de visionar el tema de la sostenibilidad.

De ahí el interés de la Red CYTED “Desarrollo de metodologías, indicadores ambientales y programas para la evaluación ambiental integral y la restauración de ecosistemas degradados”, en la elaboración de indicadores PEIR, acorde al enfoque GEO.

La diversidad de ambientes estudiados, que incluye glaciares, morrenas y páramos, bosque húmedo tropical, manglares, pastos marinos y arrecifes, zonas estuarinas y albuferas, humedales interiores y marinos costeros, sistemas lacustres y los propios ecosistemas culturales, presenta problemáticas comunes. Estas problemáticas ambientales están asociadas a la ampliación de la frontera agropecuaria, la contaminación de suelos y agua, la pérdida de diversidad biológica y la reducción de usos y servicios ecológicos. Los impactos producidos sobre estos ambientes se manifiestan en el deterioro de los ecosistemas y el bienestar de la población local.

Los indicadores elaborados para diferentes tipos de ambientes y problemáticas, se pueden agrupar en:

- *indicadores limnológicos* (asociados a los cambios de los parámetros físico químicos del agua y los sedimentos en los ecosistemas acuáticos y cuyos parámetros y metodologías están en su mayoría estandarizados),
- *indicadores biológicos* (asociados a los cambios ecológicos de las poblaciones amenazadas o en peligro de conservación y a poblaciones de especies invasoras),
- *indicadores sanitarios* (relacionados a la aparición de enfermedades relacionadas con el deterioro de las condiciones ambientales)
- *indicadores geográficos* (relacionados con los cambios espacio temporales las actividades humanas, las zonas degradadas, la evaluación de riesgos ambientales)
- *indicadores edafoclimáticos* (asociados a los cambios en el suelo y el clima)

Este documento, pone de manifiesto que si bien la diversidad ambiental de los ecosistemas iberoamericanos es grande, la cuantificación de la degradaciones en los mismos puede realizarse utilizando criterios similares y metodologías comunes, las cuales habría que intercalibrar y estandarizar a fin de poder comparar en un futuro, los avances realizados en materia de conservación ambiental y desarrollo sostenible en la región.

El conjunto de indicadores propuesto cumplió y superó los supuestos iniciales, y aunque conforman un primer acercamiento a un tema vasto y complejo, y por ende perfectible, también resultan altamente valederos por la claridad y consistencia de los mismos, que los hace viables para el emprendimiento de las EAI.

## **7. EVALUACIÓN DE IMPACTOS SOBRE LOS SERVICIOS AMBIENTALES Y BIENESTAR HUMANO**

### **7.1. Conceptualización de los impactos**

Una cuestión esencial en la ciencia contemporánea es colocar en perspectiva real en relación al alcance en que pueden evolucionar las acciones del hombre sobre el medio ambiente, que siempre van a encontrar una respuesta de este, que variará en función del tipo de intervención, el grado de incidencia y la condición preexistente del medio. Los efectos en cuestión, que algunos denominan "colaterales", pueden adquirir mucha envergadura como puede ser la referida a la mortandad de especies de la flora y la fauna, casos de enfermedad y hasta mortalidad del hombre, de ahí la significación que el

tema ha adquirido. Por ello más que combatir los efectos, el eje central se ha enfocado hacia prevenir su ocurrencia.

Por supuesto que el tema tiene una gran relevancia, pues son muy diversas las expresiones de presión ejercidas sobre los recursos naturales. Las formas de degradación evidenciadas por los suelos, las aguas, la diversidad biológica y el aire configuran escenarios poco promisorios para la sociedad. De ahí la significación que adquiere la minimización del impacto ambiental, como premisa ineludible de cualquier proyecto de intervención, pero también es esencial que esto se valore de forma acuciosa y diferenciada allí donde las manifestaciones adversas ya están dadas, a fin de enmendar con pertinencia las situaciones sucedidas.

El término impacto ambiental se refiere a todo aquello que modifica desde el exterior el equilibrio dinámico inicial de un sistema natural. Cuanto más fuerte sea el impacto sobre un sistema natural, mayor será la distancia del nuevo estado con respecto a la situación inicial, y mayor será el tiempo necesario para recuperarse al cesar el impacto (Enríquez-Agos y Berenguer-Pérez, 1987). Según estos autores, existen dos tipos de impactos:

#### -Impactos naturales.

Cambios generales climatológicos

Cambios generales geomorfológicos.

Cambios bruscos de carácter local, también conocidos como episódicos (terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, incendios e inundaciones).

#### -Impactos artificiales.

Alteraciones producidas por el hombre que aumentan en intensidad y extensión con el desarrollo de la civilización y la tecnología. Entre ellos figuran:

a) el tránsito y primeros asentamientos. Impactos puntuales y de pequeña a gran intensidad;

b) las actividades tradicionales (pesca, agricultura, ganadería), que generan impactos de gran amplitud e intensidad, frecuentemente irreversibles a escala humana;

c) las actividades de extracción, transformación y transporte (minería e industria) que producen impactos puntuales difusos y de gran intensidad;

d) las actividades lúdicas (turismo) cuyos impactos son generalmente puntuales pero pueden ser intensos.

e) la demanda simultánea e incompatible de usos como una nueva forma de impacto.

Atendiendo a la durabilidad de su efecto, los impactos se pueden enmarcar en cuatro grupos principales:

- Temporal: No se generan mayores consecuencias y es viable la recuperación del medio en el corto plazo.
- Reversible: El paso del tiempo, en una escala variable desde el corto, mediano o largo plazo, permite la recuperación del medio, aunque no necesariamente a las condiciones de la línea de base original.
- Irreversible: La magnitud de la trascendencia en el medio, es tal carácter que hace imposible revertirlo a su línea de base original.
- Persistente: Cuando las acciones inducidas en el ambiente son de influencia a largoplazo.

La gran complejidad del tema radica que en cualquiera de las modalidades de clasificación se van a generar cambios en los servicios que el medio ambiente brinda, comprometiendo la calidad y disponibilidad de aire y agua, lo cual en una reacción en cadena es capaz de afectar los alimentos y éstos al propio hombre. De modo que hay una transición desde los impactos en los servicios ecosistémicos hasta el bienestar humano (la salud, los activos materiales, las buenas relaciones sociales y la seguridad).

La clasificación de los impactos adquiere gran significación en su aplicación práctica, que se realiza en dos campos diferenciados, aunque relacionados entre sí:

- Ámbito científico-técnico, que ha dado lugar al desarrollo de metodologías para la identificación y la valoración de los impactos ambientales, incluidas en el proceso que se conoce como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).
- Jurídico-administrativo, generador de una serie de normas y leyes que ofrecen la oportunidad, de que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales. Este rechazo o modificación se produce a lo largo del procedimiento administrativo que se configura con la evaluación de impacto.

## **7.2.El modelo GEO y el abordaje de los impactos**

La evaluación de los impactos de los cambios ambientales en los ecosistemas resulta un tema de gran complejidad, sobre todo por la interacción y sinergias que comúnmente tienen lugar entre los diferentes cambios en la naturaleza. Con frecuencia el abordaje de esta problemática se lleva a cabo mediante enfoques simplificados que se limitan a evaluar los cambios ambientales y sus efectos por separado. Por ejemplo, en la mayor parte de las evaluaciones del cambio climático se examinan las consecuencias de dicho cambio sobre los ecosistemas sin tener en cuenta que simultáneamente están ocurriendo otros cambios como la degradación de tierras, la pérdida de biodiversidad, la alteración del régimen hídrico natural, la transformación de ecosistemas naturales en zonas agrícolas, la contaminación de los cuerpos de agua, la proliferación de especies invasoras, la eutrofización de los cuerpos de agua por exceso de nutrientes, entre otros, que pueden reforzar los efectos esperados del cambio climático. Por tanto, se requiere el empleo de enfoques sistémicos que tengan en cuenta las interrelaciones no solo entre los diferentes componentes naturales sino también entre éstos y el componente social como actor primordial de las transformaciones en la naturaleza. Pero no basta con identificar y evaluar las interrelaciones sociedad - naturaleza y sus efectos

sinérgicos, se necesita además, conocer las causas que los están generando y proponer respuestas promisorias integrales y coherentes para la mitigación o eliminación de las presiones, la rehabilitación de estado de ecosistemas en degradación, la mitigación de impactos sobre servicios ambientales, la disminución exposición social a los cambios ambientales, el fortalecimiento capacidades de adaptación y la reducción de vulnerabilidad a los cambios ambientales.

Una de las alternativas metodológicas más apropiadas es el modelo GEO, basado en el enfoque fuerzas motrices, presión-estado-impacto-respuesta (FMPEIR), incluyendo la proyección de escenarios futuros y la elaboración de propuestas y recomendaciones.

Entre los elementos distintivos de las evaluaciones GEO en relación a otros procesos indagatorios del medio ambiente, se destacan los siguientes:

- Evidencia la línea de continuidad dada entre pasado y futuro, donde hay una huella que marca la historicidad de los cambios, haciendo del presente un espacio temporal y transitorio, resultante de intervenciones pretéritas, pero que a la vez es generatriz de los efectos del futuro.
- Elocuencia las relaciones espaciales entre lo local – regional- global, donde de forma ineludible se sucede un marcaje y amplificación escalar en las situaciones de conflicto dadas en uno u otro nivel. En ello se puede identificar un significado de sentido ético, pero también de orden práctico.
- Expresa una relación de continuidad en la manifestación y evaluación de los procesos degradadores que va desde la presión hasta el impacto, visto este como la condición más álgida en que se puedan devenir los procesos degradadores.

Por otra parte el abordaje que se realiza tiene un sentido medular, pues el bienestar humano forma parte de las metas cimeras por las que trabaja la sociedad y esa bonanza se ve en asociación a las potencialidades y resguardo que tienen los servicios ambientales. Ese vínculo es determinante pero en general ha sido poco explorado, por cuanto las prioridades han tomado otros puntos focales.

Para la evaluación de los impactos el modelo GEO toma como base los enfoques de desarrollo sostenible, de servicios ecosistémicos y el bienestar humano y de costos y beneficios económicos.

### ***Enfoque de desarrollo sostenible.***

Este concepto se basa en el análisis integral de las dimensiones económica, social, ambiental y temporal. Parte del precepto la modificación de una de estas dimensiones, genera cambios en las restantes, dada la estrecha interdependencia que existe entre ellas. Así, los cambios en determinada variable de estado influyen en otros aspectos del medio ambiente y en el bienestar humano. Por ejemplo, un cambio en el régimen de circulación del agua unido al aporte de nutrientes provenientes de la agricultura puede generar procesos de eutrofización y afectar la biodiversidad acuática y la calidad del agua. El impacto en la biodiversidad y la calidad del agua puede traducirse en la

eliminación de especies valiosas como recurso ecoturístico (pesca deportiva, observación de especies) y en afectaciones a la navegación fluvial (por exceso de plantas acuáticas). Ello podría afectar la capacidad de generar ingresos con el ecoturismo. La pérdida de biodiversidad también puede significar la disminución de abundancia o desaparición de determinada especie de la que depende la población local como alimento o recurso medicinal (tabla 3).

**Tabla 3. Relaciones causa efecto entre el cambio de estado y los impactos al ecosistema y al bienestar humano Ciénaga de Zapata)**

<b>Cambio de estado</b>	<b>Impacto al ecosistema y al bienestar humano</b>
Modificación de los patrones de circulación del agua.	Cambios en la estructura y funcionamiento del humedal.
Exceso de nutrientes en las aguas provenientes de la agricultura.	Eutrofización y afectación a la biodiversidad acuática y la calidad del agua. Pérdida de ingresos por afectaciones a la pesca, el turismo y la navegación fluvial.

### ***Enfoque de servicios ecosistémicos y de bienestar humano***

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que la humanidad obtiene del funcionamiento de los ecosistemas. Estos servicios son tan abundantes y diversos que los intentos de clasificación ya sea desde el punto de vista ecológico (Ehrlich y Ehrlich, 1992), o desde el económico y político-geográfico (Bishop y Landell-Mills, 2002) en el cual se dividen de acuerdo a si los beneficiarios son locales, regionales o globales; o una selección de ellos (Myers, 1996), siempre van a traer discusión sobre la pertenencia de un servicio a un tipo o a otro.

Hyvarinen y McNeill, (2003), en la declaración de las Naciones Unidas del Milenio (<http://www.millenniumassessment.org/>) proponen dividir los servicios, de acuerdo a cómo los utiliza la humanidad. Estos beneficios contemplan servicios de suministro, como alimentos y madera; servicios de regulación, como la prevención de inundaciones, protección de las costas y la regulación del clima; servicios de soporte, como el mejoramiento de los suelos y los ciclos de los nutrientes; y servicios de información o culturales, como los beneficios recreacionales y otros beneficios intangibles. Sin embargo, el marco más común categoriza los beneficios que proveen los ecosistemas, en términos de si contribuyen directa o indirectamente al bienestar de la humanidad es decir al tipo de uso (Quiggin, 1998).

A pesar de que el concepto del tipo de uso dado a un bien parece claramente definido, la situación se hace compleja al tratarse de servicios, lo que dificulta la división de valores de uso y de no uso y tiene implicaciones importantes al relacionarse con el concepto de uso sostenible. Aunque se piensa que la proximidad física es normalmente considerada parte esencial del concepto de uso, algunos tipos de uso no requieren de contacto físico con el recurso y son llamados “usos fuera de lugar” o “uso pasivo” (Troeng y Drews, 2004). Esta clasificación dejaría como valores de uso todas las situaciones siempre y cuando el sujeto (usuario) necesite desarrollar alguna actividad (así ésta use otro recurso), para obtener el beneficio. Si el sujeto mantiene contacto físico con el recurso que produce el servicio sería un uso directo y si el contacto no es necesario se trata de un uso indirecto (Dosi, 2001). El termino uso pasivo se refiere entonces a cuando no

hay relación entre el beneficiario y los recursos naturales que generan el valor (Carson *et al.* 2003) y recoge a los términos de “valor de no-uso”, “valor de existencia”, “valor de preservación”, “valor de legado”, “valor motivacional”, “valor intrínseco”, “valor de opción” y “valor de cuasi-opción” (NOAA, 1994, Vicent, *et al.*, 1995 y Carson *et al.* 2003).

A fin de ilustrar cómo se pueden identificar los impactos sobre los servicios ecosistémicos mediante un indicador de estado, se puede tomar a modo de ilustración la degradación en la calidad del agua del humedal. Por ejemplo, el conteo de plantas acuáticas puede ser un indicador de la calidad del agua (estado). En este caso, el cambio en el indicador de estado podría estar vinculado a los impactos sobre los servicios ecosistémicos (tabla 4).

**Tabla 4. Ejemplo de impactos sobre los servicios de los ecosistemas debido al cambio de la calidad del agua del humedal (Ciénaga de Zapata)**

Cambio de estado	Impacto en los servicios ecosistémicos	Indicador de Impacto
Degradación de la calidad del agua por aumento de plantas acuáticas	<b>Servicios de suministro</b> <i>Alimentación</i> – cambio en la magnitud de la pesca <i>Agua dulce</i> – cambio en la cantidad de agua potable de calidad aceptable	Pesca anual promedio Costos de tratamiento o traslado de agua de otro sitio.
	<b>Servicios de regulación</b> <i>Regulación de enfermedades humanas</i> – cambio en la cantidad de algas y plantas superficiales que sirven de hospederos plagas y enfermedades	Conteo de mosquitos o manifestación de dengue
	<b>Servicios culturales</b> <i>Inspiración cultural</i> – cambio de imagen perceptual de un humedal originalmente prístino podría verse afectada por la proliferación de vegetación invasora.	Número de visitantes
	<b>Servicios recreativos</b> – cambio en las ofertas de pesca deportiva o natación por pérdida de un recurso pesquero o degradación de las zonas de baño.	Ingresos por turismo local

Un examen elemental de las relaciones entre servicios ambientales y bienestar humano no deja lugar a dudas sobre su relevancia, por cuanto los primeros además de tributar elementos esenciales para la vida humana como agua de calidad y producción de oxígeno, proporcionan además alimentos, elementos para la salud, el trabajo, pero además para la recreación y la cultura. La Figura 37 coloca una panorámica sobre los servicios, ilustrando los vínculos entre los mismos, con los recursos y el propio hombre.



Tanto por los lazos dados entre servicios ambientales, como por su asociación con las condiciones de vida humana, determina que los impactos operados en aquellos tienen respuesta consecuente en el hombre.

De tal suerte, aún con las complejidades que entraña la evaluación de los impactos en los servicios ambientales, conforman un basamento sustantivo de orden económico, ecológico y social.

***Ejemplo de impactos en los servicios del ecosistema y el bienestar humano debido a la degradación de la calidad del agua y la alteración del régimen de escorrentía del río Mapocho en Santiago de Chile.***

El aumento de la contaminación del río Mapocho, como se ha descrito anteriormente, afecta los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano en el entorno del área metropolitana de la ciudad de Santiago y zonas adyacentes.

La contaminación biológica del río Mapocho producto de las aguas servidas domiciliarias e industriales, ejerce un fuerte impacto sobre todos los servicios que brinda el ecosistema urbano, incluyendo la propia cuenca.

Entre los principales servicios ecosistémicos afectados se pueden señalar:

- El impedimento de usar sus aguas para el riego de cultivos agrícolas situados en zonas más bajas de la cuenca
- La pérdida de soporte de vida de la flora y la fauna acuática
- La imposibilidad de utilizar el río y sus entornos con fines recreativos y paisajísticos.



	<b>Servicio Provisión de agua-</b> Disminución de la cantidad de agua potable	<b>Salud</b> – Disminución de la disponibilidad de agua de calidad.  – Incremento de enfermedades.	-Incremento de los costos de tratamiento o conducción de agua.  -Incremento de los costos de salud.
--	---	---	---

Como los servicios ecosistémicos no son capturados en los mercados comerciales o adecuadamente cuantificados, a menudo se les concede poca importancia en las decisiones políticas (Costanza *et al.*, 1997). Las áreas protegidas garantizan servicios que pueden valorarse en montos considerables pero al mismo tiempo, crearlas y mantenerlas es costoso, especialmente las marinas (Balmford *et al.*, 2004) por lo que se hace ineludible evaluar dichos servicios y buscar mecanismos de retribución.

La valoración es un aspecto inseparable en la toma de decisiones, mientras estemos forzados a hacer elecciones realizaremos evaluaciones. En el tema ambiental este proceso es cada día más frecuente y crucial (Costanza *et al.* 1997). Desafortunadamente en relación con otras formas de capital, específicamente al natural no se le otorga el lugar correspondiente (Daily *et al.*, 2000), salvo la cuantificación económica de los bienes, o materias primas naturales, la valoración de los ecosistemas como activos y la de sus servicios, es considerada riesgosa e inconveniente (Ludwig 2000, Gatto y De Leo 2000). A pesar de representar un valor mucho más alto que el de los bienes (Ehrlich y Ehrlich, 1992; Risser, 1995). Sin embargo, la alternativa parece ser continuar considerando los servicios ambientales como gratuitos (Daily *et al.*, 2000), por lo que una adecuada contabilidad del capital natural, su capacidad regenerativa y los servicios que provee a la humanidad, parecen ser las únicas vías para preparar el camino hacia la sustentabilidad ( Wackernagel *et al.* 2002).

La valoración económica, ecológica, social y cultural de los servicios ambientales constituye un pre-requisito indispensable para la aplicación correcta de políticas para la conservación, defensa y mejoramiento, porque proporciona las bases necesarias para el establecimiento de estímulos, compensaciones o penalidades en su planificación y gestión.

Por otra parte, la valoración de la biodiversidad y de los recursos naturales en general constituye una estrategia de creciente aplicación. La necesidad de incluir el valor económico de la biodiversidad en las cuentas nacionales ha llevado a la fijación de plazos para la creación de las cuentas satélites, necesarias para entender mejor el papel que juegan los diferentes ambientes y recursos naturales en la economía. En Venezuela este interés ha crecido últimamente, lo que se ve reflejado en el espíritu de la recién promulgada ley de biodiversidad. El planteamiento más realista en que se basa la economía ambiental debe ser el de su inclusión dentro del modelo económico vigente (Galván y Reyes, 1999).